

М. А. ИВАНОВА, М. А. КОНОНОВА

ХИМИЧЕСКИЙ ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Под редакцией проф. С. А. ЩУКАРЕВА

Одобрено
Министерством высшего
и среднего
специального образования
СССР
в качестве руководства
для ассистентов и лаборантов
высших учебных заведений



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА» М О С К В А — 1969

Иванова М. А., Кононова М. А.

- И20 Химический демонстрационный эксперимент. Под ред. С. А. Щукарева. Руководство для ассистентов и лаборантов вузов. М., «Высшая школа», 1969. 248 с. с илл.

В пособии описаны подготовка и проведение около 400 лекционных опытов по общей и неорганической химии.

Опыты охватывают следующие разделы общей химии: термехимию, кинетику, химическое равновесие, комплексообразование и т. п., также химию металлов и неметаллов. Кратко поясняется химизм явлений, которые наблюдаются при демонстрации опытов.

54

2—5—2
53—69

Р е ц е н з е н т ы:

проф. Н. С. Тихонов (Московский технологический институт пищевой промышленности) и кафедра неорганической химии Воронежского государственного университета (зав. кафедрой проф. Я. А. Угай).

В основу предлагаемой книги положен опыт лекционных демонстраций по курсу химии, читавшемуся в Ленинградском университете Д. И. Менделеевым, Д. П. Коноваловым, Л. А. Чугаевым, И. И. Черняевым, мною, а в последние годы С. М. Арией.

С течением времени этот курс эволюционировал, включал в себя новые факты, методы и теоретические воззрения. Постепенно первоначальный, преимущественно описательный, характер лекций все более и более изменялся, подчиняясь идеям Периодического закона, а также термодинамическим, статистическим и квантово-механическим воззрениям. В связи с этим менялись и опыты, демонстрируемые на лекциях, а также методика их проведения. Авторы настоящего руководства собрали весь многолетний опыт, многократно проверили все детали подготовки и воспроизведения отдельных демонстраций. Особенно велика в этом отношении заслуга М. А. Ивановой, занимающейся лекционными демонстрациями более 30 лет. Из всего списка производившихся в разные годы демонстраций выбраны наиболее надежные и характерные.

Нам будет очень приятно, если этот труд принесет пользу при преподавании химии в многочисленных вузах нашей страны.

Зав. кафедрой общей и неорганической химии ЛГУ
проф. С. А. Щукарев.

Настоящая книга, посвященная подробному описанию подготовки демонстрационных опытов и их выполнению на лекциях по курсам общей и неорганической химии, представляет собой результат многолетней практики лекционного химического эксперимента на кафедре неорганической химии химического факультета Ленинградского государственного университета

В связи с бурным развитием теоретической химии за последнее десятилетие новый характер курсов заставляет уменьшать объем фактического материала описательной химии и, как следствие этого, количество лекционных опытов. Однако роль демонстрационного эксперимента, его учебное значение в связи с этим не уменьшается, а возрастает. Из числа лекционных демонстраций приходится исключать опыты, требующие сложных установок и длительного времени проведения, и подбирать реакции, подходящие для иллюстрации новых принципов и новых обобщений.

При выборе материала авторы стремились дать проверенные опыты по всем главным разделам курса общей химии, которые интересуют современного химика: по термохимии, скорости химических реакций, химическому равновесию, комплексообразованию и т. п. и по химии неметаллов и металлов главных и дополнительных подгрупп периодической системы.

При составлении руководства использовались отечественные и зарубежные литературные источники. Наряду с описанием новых опытов книга содержит много давно известных. Это вызвано необходимостью создать широкое и более полное руководство, так как часто описание тех или иных опытов приходится в процессе работы искать в различных малодоступных в настоящее время пособиях или в оригинальных журнальных статьях. Представлялось целесообразным дать, где это казалось необходимым, краткое пояснение химизма тех явлений, которые наблюдаются при демонстрации. При описании особое внимание уделялось скорости выполнения, ясности и наглядности лекционных опытов. Опыты, требующие длительного времени про-

ведения (например, реакции получения галогенов, галогеноводородов и др.), вынесены в отделы «Подготовка», т. е. за пределы аудитории. При описании отмечались необходимые меры безопасности проведения опытов, однако использование материала книги требует предварительного ознакомления с правилами по технике безопасности, изложенными в специальных руководствах.

Некоторые серии предложенных опытов демонстрировались и обсуждались на заседаниях Секции преподавания химии ВХО им. Д. И. Менделеева, на лекциях в Университете научных знаний для работников просвещения.

Считаем приятным долгом выразить глубокую признательность заведующему кафедрой проф. С. А. Щукареву за просмотр рукописи и полезные указания.

Авторы будут благодарны всем, кто, пользуясь данным руководством, пожелал бы сообщить свои замечания.

Неотъемлемой частью лекции по неорганической химии всегда являлся и несомненно является и в настоящее время хороший демонстрационный опыт. Опыт должен быть наглядным и убедительным, и если он не создает должного впечатления, то теряет свое учебное значение. Лекционные демонстрации должны проводиться, насколько это возможно, эффектно. Яркие окраски растворов в больших бокалах, образующиеся в избытке осадки, красивые вспышки — все это производит впечатление и всем этим нужно пользоваться. Лекционные опыты выполняются в аудитории в крайне малые промежутки времени и поэтому должны быть заранее тщательнейшим образом подготовлены. Главное, о чем всегда нужно помнить, — все опыты должны быть удачными. Даже при самых простых демонстрациях нельзя полагаться на само собой разумеющуюся удачу. Не могут гарантировать удачу и, казалось бы, самые подробные описания опытов в пособиях. Каждый опыт до демонстрации должен быть многократно опробован, реактивы и приборы внимательно испытаны, подобраны нужные концентрации растворов и отмечено время, необходимое для проведения опыта. Таким образом, подготовка опыта до лекции требует продолжительного времени, а его демонстрация — всего несколько минут. Демонстрация опытов — это искусство, оно требует особых навыков и внимания.

Для выполнения опытов нужен хорошо оборудованный демонстрационный стол. Он должен иметь подводку воды, газа, электрического тока (переменного и постоянного) и т. п. На противоположной от зрителей стенке стола нужно разместить достаточное количество клемм для включения различных приборов и диапроектора, рубильники для включения света и включения раздвижного затемнения, звонок для вызова лаборанта. Стол необходимо снабдить специальными лампами для освещения образцов, осадков, окраски растворов. Главное оборудование стола — вытяжное устройство. Оно включается в тех случаях, когда реакции сопровождаются выделением ядовитых газов (хлор, бром, сероводород, сернистый газ и др.). Вытяжное

устройство неудобно оформлять в виде вытяжного шкафа. Громоздкость шкафа сильно мешает наглядности и затрудняет выполнение опыта. Для этого удобнее вырезать часть крышки стола в виде квадрата (примерно 40×40 см) и подвести к ней снизу вытяжную трубу. Под столом эту трубу соединить с вентиляционным каналом, имеющим мощный мотор (шум мотора не должен быть слышен в аудитории). Снятую часть крышки стола заменить другой, вся поверхность которой покрыта небольшими отверстиями. Установив на этом месте прибор или сосуд, включить мотор (или открыть специальную заслонку) и проводить реакцию. Ядовитые газы втягиваются через отверстия в канал и не распространяются по аудитории. Нужно по возможности избегать бурного выделения газов.

При демонстрации опытов обычно пользуются специальной посудой: толстостенными цилиндрами с пришлифованными пластинками (для газов), цилиндрами с пробками и большими конусообразными бокалами (для растворов), которые удобнее стаканов. Резиновые пробки в приборах рекомендуется по возможности заменить пробками и стеклянными трубками со шлифами. Должны быть приобретены большие демонстрационные термометры или другие приборы, регистрирующие изменение температуры и имеющие хорошо видимую шкалу. Такая шкала необходима и для некоторых электроизмерительных приборов, ее удобно укрепить на стене или на подставке. Особым устройством, согласно правилам по технике безопасности, должны быть укреплены баллоны с сжатыми газами (водород, кислород, двуокись углерода).

Лекционные демонстрации включают не только химические опыты, но и показ других иллюстрирующих лекцию материалов: таблиц, диапозитивов, кинофильмов. Поэтому аудитория должна иметь соответствующее оборудование.

Перед лекцией все заранее приготовленное для демонстрации опытов — образцы, препараты, приборы и реактивы* — перенести в аудиторию и разместить в определенном порядке на демонстрационном столе. Беспорядка на столе быть не должно. Кроме необходимых для данной лекции материалов, на столе всегда должны находиться

* Концентрации растворов, удобные для выполнения опытов, приведены в табл. 7, стр. 240. Все случаи, когда концентрации отличаются от приведенных в табл. 7, отмечены в тексте.

колба с дистиллированной водой, стеклянные палочки, лучинки, ложки, пинцеты, фильтровальная бумага, газовые горелки, спиртовка и спички. Нужно всегда иметь под рукой белые и черные экраны и подставки (из бумаги или пластика). Приборы и сосуды расположить на столе так, чтобы явления, которые будут в них демонстрироваться, были хорошо видны всем слушателям. Особое внимание уделить тому, чтобы сосуды, в которых должно происходить выделение газа, не оказались где-нибудь закупорены (проверить капельные воронки!). Перед самой лекцией все приготовленное еще раз внимательно осмотреть. Не забыть ослабить пробки в склянках с реактивами!

Во время демонстраций большое воспитательное значение имеют четкость протекания химических процессов, чистота приборов и сосудов, строгое и красивое оформление установок, а также и поведение ассистента — спокойные и уверенные движения рук и согласованность его работы с объяснениями лектора в момент проведения опыта.

Главное в работе ассистента — всегда помнить, что каждый химический опыт требует осторожности, осмотрительности и глубокого сознания ответственности. При непродуманном выполнении даже самый простой опыт может оказаться опасным. Не приступать к работе без полного и всестороннего освоения правил по технике безопасности. Внимательно изучить эти правила, пользуясь специальными руководствами. Детально познакомиться с правилами обращения и хранения таких опасных веществ, как белый фосфор, металлический натрий и калий, ртуть и др. Проявлять должную осторожность при работе с этими веществами. Кусочки натрия, нарезанные для опыта, не должны быть больше горошины. В этом и в других случаях при работе с опасными веществами не должно быть погони за эффектом.

Быть особо внимательным при проведении реакции, которая может сопровождаться разбрызгиванием или разбрасыванием вещества. В таких случаях ставить между прибором и слушателями защитные экраны из плексигласа. Демонстрацию взрыва смеси водорода с кислородом (а также метана с кислородом) проводить в толстостенных цилиндрах (емкостью не более 300 мл), окружив их сетчатым цилиндром или плотно обернув мокрым полотенцем. Взрыв хлора с водородом (фотосинтез) производить только в специальном предохранительном ящике со стенками из мелкой

металлической сетки и плексигласа. Категорически воспрещается производить взрывы ацетилена и этилена с воздухом или кислородом. Ни в коем случае не собирать и не хранить эти газы в газометрах. Особую осторожность необходимо соблюдать и при работе с водородом. Не зажигать и не нагревать водород без предварительного испытания на чистоту (проба в пробирке на образование взрывчатой смеси). Всегда следует проводить это испытание!

Проявлять осторожность надо и при работе с баллонами. Газы в баллонах находятся под большим внутренним давлением (до 200 атм). Отсюда следуют определенные правила работы, с которыми необходимо познакомиться в специальных инструкциях. Баллоны с газами нужно оберегать от падения, ударов и резких толчков. Их нельзя оставлять стоять свободными, они должны быть прикреплены к стене или рабочему столу металлическим хомутом или установлены в специальных стеллажах. Нельзя держать баллоны в теплом месте: возле радиатора, печи или на солнце.

Для безопасной транспортировки баллона в аудиторию необходимо иметь специальную тележку. В аудитории на расстоянии 1,5—2 м от демонстрационного стола должно находиться устройство для укрепления баллона. По окончании лекции баллон тотчас следует увезти и укрепить в установленном месте в соседнем помещении. Не оставлять в аудитории баллонов с газами! Главный вентиль баллона нужно открывать постепенно, не сразу и не толчком. Его нужно оберегать от повреждений как при хранении, так и при перевозке.

Для получения регулируемого тока газа каждый баллон снабжают редуктором с манометрами. Один манометр показывает давление внутри баллона, второй — давление в струе выходящего газа. Без редуктора баллоном пользоваться на лекциях нельзя! При присоединении редуктора и резиновой трубки к баллону нельзя пользоваться вазелином и другими смазочными веществами. Во время демонстрации опытов, для защиты редуктора от возможного обратного засасывания какой-либо жидкостилагается включать в установку пустую склянку (например, склянку Тищенко).

Для определения скорости тока газа после предохранительной склянки включают промывную — с водой или концентрированной серной кислотой. Ее присоединяют лишь тогда, когда при помощи редуктора установлен слабый

ток газа. Для суждения о скорости вытекания газа резиновую трубку удобно держать около щеки или уха. Источником кислорода при демонстрации некоторых опытов может служить не баллон, а газометр, заранее наполненный кислородом из баллона. Наполнять газометр водородом воспрещается. На демонстрационном столе водород получают или из прибора Киппа, или непосредственно из баллона. При соблюдении всех правил работа с баллонами безопасна.

Все указания о соблюдении мер предосторожности при демонстрации химических опытов необходимо всегда строго выполнять.

I. ВОДОРОД

Водород стоит первым в таблице Д. И. Менделеева и занимает особое положение в системе элементов. Естественно, что в начале книги рассматриваются свойства этого элемента.

В представленных опытах даются самые общие предварительные сведения о свойствах водорода. Отмечаются легкость его молекул, быстрота их движения и в связи с этим наибольшая, по сравнению с другими газами, скорость диффузии и сравнительно высокая теплопроводность. Иллюстрируется взаимодействие водорода с кислородом: горение и образование гремучей смеси. Приводятся реакции, в которых водород выступает как восстановитель. Гидриды — многообразные производные водорода с разными элементами — рассматриваются в других главах.

При демонстрации опытов удобно пользоваться баллоном с водородом. При необходимости для лекционных целей водород можно получать в аппарате Киппа, применяя цинк и серную кислоту (1 : 4).

Прежде чем пользоваться этим прибором, необходимо открыть кран и дать кислоте подняться настолько, чтобы она вошла в контейнер с цинком. Это делается для того, чтобы водородом вытеснить воздух, который мог проникнуть внутрь при стоянии заряженного прибора. Таким образом дважды очищают прибор от гремучей смеси, которая могла бы образоваться внутри прибора. Между аппаратом Киппа и остальной частью установки рекомендуется включать промывную склянку. Перед поджиганием водорода необходимо проверить связанную с аппаратом Киппа (или другим источником водорода) установку на отсутствие в ней воздуха. В противном случае может получиться сильный взрыв! Для проверки, пустив водород, накрыть конец отводной трубки прибора пробиркой и затем поднести последнюю, в стороне от установки, к огню. К опыту можно приступить лишь тогда, когда газ в контрольной пробирке загорается без взрыва.

Подобную проверку необходимо производить при всех опытах, связанных с нагреванием водорода!

О п ы т 1

Легкость водорода (на весах)

Подготовка. Источник водорода. Демонстрационные весы. Два цилиндра или стакана емкостью 1—1,5 л. Стекло-анная трубка, согнутая под прямым углом. Дробь (для уравнивания цилиндров).

Выполнение. Сняв чашки, установить на демонстрационных весах два цилиндра (дном вверх) и уравновесить их. Соединить стеклянную трубку с источником водорода и ввести ее в один из цилиндров. Некоторое время пропускать водород, затем отпустить арретир весов. Край коромысла весов, к которому подвешен наполненный водородом цилиндр, поднимается вверх. Арретировав весы, снять цилиндр и несколько раз проделать движение, словно выливая что-то из него. Поставить цилиндр на весы и показать, что весы снова находятся в равновесии.

О п ы т 2

Легкость водорода (мыльные пузыри)

Подготовка. Источник водорода. Стекло-анная трубка с расширением на конце (примерный диаметр расширения 10—15 мм). Фарфоровая чашечка с мыльным раствором.

Для приготовления мыльного раствора настругать немного «детского мыла» и растворить его в небольшом количестве теплой воды. Из такого раствора легко получить пузыри диаметром 6—7 см. Чтобы получить большие и более прочные пузыри, следует воспользоваться не мылом, а иными веществами типа сапона.

Выполнение. Соединить с источником водорода стеклянную трубку. Если используется аппарат Киппа, то следует между трубкой и аппаратом ввести еще отрезок трубки, наполненный ватой (для поглощения брызг кислоты). Погрузить расширенный конец трубки в мыльный раствор и отрегулировать струю водорода. Как только начнет образовываться пузырь, извлечь трубку из раствора. После достижения желаемого размера, слегка встряхнув трубку, отделить пузырь. Пускаемые один за другим пузыри легко взлетают и к восхищению аудитории быстро достигают потолка. Их можно по пути поджечь.

О п ы т 3

Диффузия водорода через пористый цилиндр

Подготовка. Источник водорода. Двугорлая склянка емкостью 1—1,5 л. Мелкопористый глиняный цилиндр. Стекланный колокол или большой стакан. Кристаллизатор

В горло склянки вставить на пробке доходящую почти до дна стеклянную трубку. Наружная часть трубки должна иметь оттянутый конец. В другое горло склянки вставить стеклянную воронку или короткий отрезок трубки с пробкой, к которой плотно пригнать пористый цилиндр. Склянку наполнить водой, подкрашенной красителем (например, фуксином).

Выполнение. На демонстрационном столе склянку поставить в большой кристаллизатор. Стекланный колокол (или стакан) наполнить водородом и затем покрыть им пористый цилиндр. Тотчас из трубки начнет бить высокий фонтан. Водород проходит сквозь пористые стенки внутрь цилиндра и создает повышенное давление, выталкивающее воду через трубку. Если теперь отнять колокол, то произойдет обратное явление: по той же причине в склянке создается пониженное давление, и воздух начинает входить пузырями через трубку в цилиндр.

О п ы т 4

Диффузия паров брома в водороде

Подготовка. Два стеклянных цилиндра емкостью 250—300 мл с шлифованными пластинками. Два фарфоровых тигля емкостью 5—10 мл. Источник водорода. Склянка с бромом. Белый экран.

Выполнение. Наполнить один из цилиндров водородом из баллона и накрыть его стеклом. Осторожно налить небольшое количество брома в два тигля, поставить их на шлифованные к цилиндрам пластинки. Теперь одновременно накрыть оба тигля цилиндрами, перевернув их вверх дном. Поставить за цилиндрами белый экран. Видно, что в цилиндре с водородом бром диффундирует гораздо быстрее, чем в цилиндре с воздухом.

Теплопроводность водорода

Этот опыт позволяет показать очень высокую теплопроводность водорода. Для выполнения необходим баллон с водородом.

Подготовка. Баллон с водородом. Широкий стеклянный цилиндр емкостью около 300 мл. Отрезок спирали от электрической плитки. Латр или другой регулятор напряжения. Амперметр (10 а). Стеклянная трубка, согнутая под прямым углом (рис. 1).

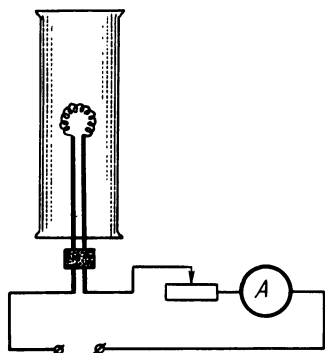


Рис. 1. Установка для испытания теплопроводности водорода

Спираль укрепить в лапке штатива. Над спиралью укрепить кольцо, в которое будет удобно подвесить опрокинутый дном вверх цилиндр. В цилиндр снизу ввести согнутую под прямым углом трубку, длинное колено которой достигает примерно половины высоты цилиндра. Собрать последовательно цепь из спирали, латра, амперметра и вилки для включения в электрическую сеть.

Выполнение. Снять цилиндр. Включить собранную установку в сеть. Работая движком латра, показать, что при определенной силе тока (смотреть на показание амперметра) спираль раскаливается. Выключить ток и накрыть спираль цилиндром, подвесив его на кольцо штатива. Теперь соединить стеклянную трубку с баллоном и, пустив водород, подвести трубку в цилиндр. Тщательно вытеснить воздух сильной струей водорода. Когда цилиндр наполнится водородом (об этом можно судить, например, опустив палец в цилиндр, по легкому холодку), включить ток и довести силу тока до замеченного ранее предела (показание амперметра). Спираль не раскаливается. Быстро выключить ток, закрыть баллон, и, сняв цилиндр, поставить его на стол отвесив вверх.

Растворение водорода в палладии

Как особенность водорода нужно отметить способность его путем диффузии растворяться в некоторых металлах. Наиболее активным металлом в этом отношении является палладий: в одном объеме палладия (в форме компактного металла) растворяется около 600 объемов водорода.

Подготовка. Небольшой стеклянный электролизер (высота стенок 6—7 см, диаметр 10—12 см). Палладиевый электрод (15×80 мм). Платиновый электрод (15×80 мм). Источник постоянного тока (8—10 в). Разбавленный раствор H_2SO_4 (1 : 5).

Собрать прибор, аналогичный изображенному на рис. 2. Для изготовления электролизера можно использовать отрезанную от стеклянной бутылки часть с горлышком. В горлышке при помощи пробки поместить параллельно два электрода: один палладиевый, другой платиновый.

Одну сторону палладиевого электрода тщательно покрыть тонким, но плотным слоем лака. Дно электролизера залить парафином.

К электродам прикрепить на проволоках хорошо заметные стрелки из жести. Электролизер укрепить в штативе.

Выполнение. Налить в электролизер (до самого верха) разбавленной серной кислоты. Соединить его с источником тока, причем так, чтобы палладиевый электрод был связан с отрицательным полюсом. Сравнять стрелки на электродах и включить ток. Начинается электролиз раствора серной кислоты, и на палладиевом электроде выделяется водород. Водород поглощается одной стороной электрода (вторая закрыта пленкой лака). Электрод начинает изгибаться,

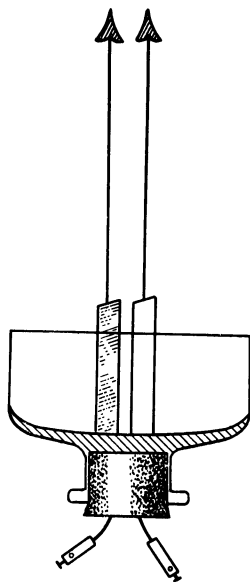


Рис. 2. Прибор для демонстрации поглощения водорода палладием

и стрелки расходятся. Если поменять полюса, то можно снова соединить стрелки, так как кислород вытесняет из металла растворенный водород.

О п ы т 7

Горение водорода. Зажигание водорода платиной

Подготовка. Водородная горелка (трубка с платиновым или кварцевым наконечником). Источник водорода. Слянка с платинированным асбестом. Пинцет или щипцы.

Приготовление платинированного асбеста: 5 г асбестового волокна пропитать 3—5 мл 10%-ного раствора платинохлористоводородной кислоты. Асбест высушить, а затем сильно прокалить в фарфоровом тигле. Платинированный асбест можно применять много раз: перед каждым опытом его следует промыть водой и прокалить.

Выполнение. Соединить водородную горелку с источником водорода и пропустить сильную струю газа (для вытеснения воздуха). Ослабив ток водорода, поджечь его. Взять пинцетом комочек платинированного асбеста и подержать его в пламени водорода в течение 1 сек. Затем погасить пламя водорода (зажимая на мгновение резиновую трубку, подающую водород) и поднести к вытекающей из горелки струе газа комочек асбеста. Видно, как он раскаляется, и водород снова вспыхивает и горит синеватым пламенем. Это можно сделать несколько раз.

Примечание. В качестве водородной горелки можно использовать стеклянную трубку с оттянутым концом, согнутую под прямым углом. Пропустить трубку через пробку и укрепить в штативе. В этом случае пламя водорода будет окрашено в желтый цвет.

О п ы т 8

Образование воды при горении водорода

Подготовка. Источник водорода. Водородная горелка или трубка для горения водорода. Массивный металлический брусок. Стакан емкостью 1,5—2 л. Лист фильтровальной бумаги.

Выполнение. Укрепить в штативе металлический брусок. Через водородную горелку пропустить сильную струю водорода. Затем ослабить струю и поджечь водород. Направить пламя водорода на верхнюю часть бруска. Под брусок положить лист фильтровальной бумаги. Спустя 1—2 мин с нижней части бруска на лист начнут стекать капли воды, образуя мокрое пятно на листе фильтровальной бумаги.

Опыт можно выполнить иначе. Взяв в руку большой стакан, держать его наклонно над пламенем водорода. На стенках стакана конденсируются капли воды.

Примечание. При помощи безводного сульфата меди можно наглядно показать, что при горении водорода образуется вода

О п ы т 9

Горение водорода в кислороде

Подготовка. Баллон с кислородом, баллон с водородом. Широкий стеклянный цилиндр емкостью 2—3 л с пришлифованной пластинкой. Стеклянная трубка с оттянутым вверх концом (в виде крючка) для горения водорода.

Выполнение. Наполнить кислородом цилиндр (проба тлеющей лучиной). Закрыть баллон с кислородом. Соединить изогнутую трубку с водородным баллоном. Пропустить сильную струю газа и, ослабив ее, поджечь водород. Затем внести трубку с горящим водородом в цилиндр с кислородом. Пламя становится более светлым. На стенках цилиндра появляются капли влаги.

О п ы т 10

Горение кислорода в водороде

Подготовка. Баллон с кислородом, баллон с водородом. Пропущенная через пробку стеклянная трубка с оттянутым концом, согнутая под прямым углом. Высокий цилиндр емкостью 400—500 мл.

Выполнение. Укрепить в штативе трубку для горения кислорода. Длина вертикальной части трубки 12—14 см. Соединить трубку с кислородным баллоном. Пропустить

очень слабую струю кислорода (проба на ладонь). Зажечь спиртовку. Открыть баллон с водородом. Перевернуть цилиндр вверх дном и, вытеснив воздух сильной струей, наполнить цилиндр водородом. Затем пронести цилиндр (не переворачивая его и держа за верхнюю часть) над пламенем спиртовки: с легким хлопком водород загорается. Теперь быстро и спокойно надеть цилиндр с горящим у его отверстия водородом на стеклянную трубку, через которую идет слабая струя кислорода. Кислород загорается и продолжает гореть маленьким пламенем внутри цилиндра. Не задерживаясь, снять цилиндр с водородом и, перевернув, поставить на стол.

Примечание. Горение кислорода в водороде в течение продолжительного времени показывать не следует. Развивающаяся высокая температура приведет к тому, что цилиндр лопнет.

О п ы т 11

Взрыв смеси водорода с воздухом

Подготовка. Баллон с водородом или аппарат Киппа. Вскрытая с одной стороны небольшая консервная банка емкостью 300—350 мл с просверленным на дне очень маленьким отверстием.

Выполнение. Перевернув банку вверх дном, наполнить ее водородом и поставить на демонстрационный стол. Спичкой поджечь водород у отверстия. Водород загорается и горит очень маленьким, почти невидимым пламенем. Горение сопровождается легким звуком, тон которого становится все выше и выше. По мере выгорания водорода в банку снизу поступает воздух. Когда, наконец, достигается нужное соотношение между водородом и кислородом, пламя проскакивает внутрь, и происходит взрыв, силой которого жестянка подбрасывается высоко вверх.

О п ы т 12

Взрыв смеси водорода с кислородом

Подготовка. Цилиндр емкостью 250—300 мл с пришлифованной пластинкой и разделенный метками на три равные части. Полотенце (мокрое).

Путем вытеснения воды ввести в цилиндр два объема водорода и один объем кислорода. Закрывать шлифованной пластинкой (или стеклышком, смазанным вазелином). Для смешивания газов цилиндр несколько раз перевернуть (придерживая пластинку пальцем) и вынести в аудиторию.

Выполнение. Обернуть для предосторожности цилиндр мокрым полотенцем и поставить на стол. Зажечь лучину и, сняв пластинку, закрывающую цилиндр, поднести огонь к отверстию цилиндра. Раздается сильный взрыв.

О п ы т 13

Взрыв смеси водорода с кислородом в мыльной пене

Подготовка. Баллон с кислородом, баллон с водородом. Делительная воронка (диаметр 6—8 см, емкость 200—250 мл). Батарейный стакан. Фарфоровая ступка с раствором мыла. Лучинки.

Делительную воронку разделить на три равные части, нанося деления краской или восковым карандашом. Конiec воронки при помощи резиновой трубки соединить со стеклянной трубкой, конец которой слегка загнут вверх (рис. 3). Воронку погрузить в батарейный стакан, наполненный водой. При этом кран воронки должен быть открыт, чтобы вся она до самого крана наполнилась водой. Затем, закрыв кран, поднять воронку вверх так, чтобы около трети ее находилось над водой, и укрепить в лапке штатива. Соединив с баллоном стеклянную трубку, ввести ее в воронку и наполнить воронку на одну треть кислородом. Затем ввести в воронку два объема водорода. Не вынимая воронку из стакана, перенести прибор на демонстрационный стол.

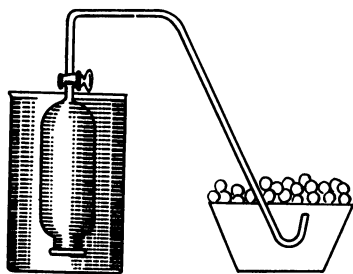


Рис. 3. Прибор для демонстрации горения гремучей смеси в мыльной пене

Выполнение. Погрузить воронку в стакан с водой. Под конец трубки прибора подставить фарфоровую ступку с раствором мыла. Осторожно открыв кран воронки, про-

пустить в раствор мыла ток гремучей смеси. Когда поверхность раствора покроется мыльными пузырями, кран закрыть и отставить ступку на противоположный конец демонстрационного стола. Зажечь длинную лучинку и поднести ее к пузырям. Раздается оглушительный взрыв.

Примечание. По окончании демонстрации этого опыта следует выпустить из прибора оставшийся в нем газ. При демонстрации опыта можно пользоваться также гремучим газом, образующимся при электролизе разбавленного раствора серной кислоты.

О п ы т 14

Пламя гремучего газа

Для горения гремучего газа употребляется специальная горелка (кран Даниеля). Она представляет собой две латунные трубки, вставленные одна в другую (рис. 4). По наружной трубке через боковой отвод пускается водород, по внутренней — кислород.

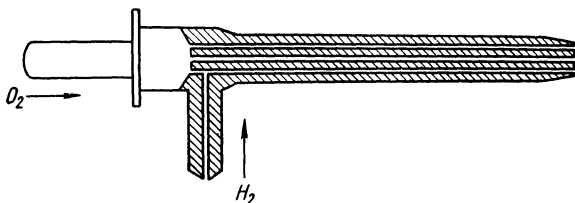


Рис. 4. Горелка Даниеля

Важно помнить, что такая горелка может работать при условии примерно равных давлений кислорода и водорода. Поэтому рекомендуется пользоваться баллонами с кислородом и водородом.

Подготовка. Баллон с кислородом, баллон с водородом. Горелка Даниеля. Лучинки. Полоски железа или жести. Кальцит. Асбестовый лист. Щипцы.

Выполнение. Установить на демонстрационном столе горелку Даниеля, под нее положить асбестовый лист. Соединив горелку с водородным баллоном, пропустить сильную струю газа и поджечь его. Теперь пустить сначала слабый, затем более сильный ток кислорода. Должно полу-

читься длинное, острое, спокойное пламя. Изменяется цвет пламени: оно приобретает беловатый оттенок.

Высокую температуру этого пламени можно продемонстрировать, разрезая полоску железа или внося в пламя кусок кальцита, который раскаливается добела.

О п ы т 15

Восстановление водородом раствора нитрата серебра

Подготовка. Источник водорода. Стекланный цилиндр емкостью 200—300 мл. Стекланная трубка, согнутая под прямым углом и доходящая почти до дна цилиндра. Раствор нитрата серебра*.

Выполнение. В цилиндр налить раствор нитрата серебра. Стекланную трубку соединить с источником водорода и, погрузив ее в раствор, отрегулировать ток газа. Пропускать водород через раствор. Через непродолжительное время в цилиндре появятся черные хлопья: выделяется металлическое серебро.

Примечание. Если используется аппарат Киппа для получения водорода, газ следует очистить от возможных примесей H_2S и AsH_3 . Водород из аппарата Киппа следует пропустить через растворы ацетата свинца и перманганата калия.

О п ы т 16

Восстановление водородом раствора хлорида палладия

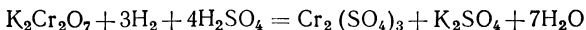
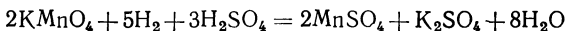
Подготовка. Источник водорода. Стекланный цилиндр (емкостью 200—300 мл). Стекланная трубка с оттянутым концом, согнутая под прямым углом. Раствор хлорида палладия (0,01 M).

Выполнение. Наполнить цилиндр раствором хлорида палладия. Соединив стекланную трубку с источником водорода, погрузить ее в цилиндр и начать пропускать газ. Отрегулировать ток газа так, чтобы пузырьки медленно проходили через раствор. Через некоторое время в цилиндре появятся черные частицы металлического палладия.

* См. табл. 7, стр. 240.

О п ы т 17

Восстановительные свойства водорода в момент выделения



Подготовка. Источник водорода. Стекло́нная трубка, согнутая под прямым углом и доходящая до дна цилиндра. Несколько стеклянных цилиндров емкостью 200—250 мл. Разбавленные растворы перманганата калия или бихромата калия. Концентрированная серная кислота. Гранулированный цинк.

Выполнение. Разлить приготовленные растворы KMnO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в цилиндры (для каждого раствора два цилиндра). Растворы подкислить серной кислотой. В один из цилиндров с KMnO_4 и в один из цилиндров с $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ бросить гранулированный цинк. Начинает выделяться водород. В два другие цилиндра пропускать водород из баллона или аппарата Киппа. Через 3—4 мин в цилиндрах, где реагировал водород в момент выделения, происходят изменения: в цилиндре с KMnO_4 раствор обесцветится $[\text{Mn(II)}]$, в цилиндре с $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ раствор станет зеленого цвета $[\text{Cr(III)}]$. В цилиндрах, в которые водород поступает из баллона, никаких изменений не происходит (во всяком случае, в течение короткого времени).

ПЕРЕКИСЬ ВОДОРОДА

Для лекционных опытов обычно применяется 30%-ная перекись водорода (пергидроль) или 3%-ная так называемая медицинская перекись водорода. Перекись водорода представляет собой малоустойчивое соединение; хранить растворы следует в темном, прохладном месте и предохранять от соприкосновения с пылью, порошками и шероховатыми поверхностями.

О п ы т 18

Обнаружение перекиси водорода при помощи сернокислого титанила

Подготовка. Перекись водорода (3%-ная). Раствор сернокислого титанила TiOSO_4 . Бокал или стакан емкостью 200—250 мл.

Серноокислый титанил можно приготовить из двуокиси титана: поместить в фарфоровый тигель около 1 г TiO_2 и облить двойным количеством концентрированной H_2SO_4 . Затем осторожно нагреть под тягой до образования белых паров. По охлаждении полученную массу небольшими порциями внести в 250 мл холодной воды. Если раствор получился мутным, дать отстояться, а затем слить или отфильтровать.

Выполнение. Налить в бокал воды и прибавить несколько капель раствора H_2O_2 . Затем, поместив за бокалом белый экран, прилить 1—2 мл раствора TiOSO_4 . Раствор в бокале окрашивается в желтый цвет. Это очень чувствительная реакция на перекись водорода.

О п ы т 19

Перекись водорода как продукт горения водорода

При горении водорода частично образуется наряду с водой перекись водорода. Она разлагается полностью при высокой температуре пламени, но при быстром охлаждении частично сохраняется и ее можно обнаружить при помощи титанового реактива.

Подготовка. Баллон с водородом. Раствор TiOSO_4 . Кусок льда. Небольшой стеклянный кристаллизатор (диаметр 15—18 см). Трубка для горения водорода, конец которой оттянут в виде острия. Бокал или цилиндр.

Выполнение. На лист белой бумаги поставить кристаллизатор и поместить в него кусок льда. На дно кристаллизатора прилить несколько миллилитров раствора TiOSO_4 . Присоединив трубку для горения водорода к баллону, пропустить сильный ток водорода (для вытеснения воздуха), затем ослабить струю и поджечь газ. Медленно водить пламенем по поверхности льда. Когда воды, образовавшейся в результате плавления льда, соберется достаточное количество, будет видно, что она окрашена в желтый цвет. Чтобы окраска была заметнее, воду можно перелить в узкий бокал или цилиндр.

Перекись водорода удастся сохранить лишь в небольшом количестве, поэтому окраска раствора будет слабая. Параллельно можно показать, что вода, образующаяся в результате обычного плавления льда, не дает реакции с титанилом.

О п ы т 20

Получение перекиси водорода действием серной кислоты на перекись бария



Подготовка. Перекись бария. Раствор H_2SO_4 (1:5). Раствор TiOSO_4 . Воронка. Складчатый фильтр. Два стакана (200 мл). Кристаллизатор со льдом. Бокал. Стекляная палочка.

Выполнение. Насыпать в стакан 1—2 ложечки перекиси бария. Поместить стакан в кристаллизатор со льдом, прибавить серную кислоту и размешать палочкой. Дав жидкости отстояться, отфильтровать часть ее через складчатый фильтр. К фильтрату прибавить несколько миллилитров раствора TiOSO_4 . Желтое окрашивание раствора свидетельствует о присутствии в нем перекиси водорода (белый фон!).

О п ы т 21

Разложение перекиси водорода в присутствии катализаторов — двуокиси марганца

Подготовка. Перекись водорода (3% и 30%-ная). Двуокись марганца MnO_2 (гранулированная и в порошке). Цилиндр емкостью 150—200 мл. Стакан. Большая пробирка. Ложечка.

Выполнение. В цилиндр положить несколько кусочков гранулированной MnO_2 и прилить 3%-ный раствор H_2O_2 . Испытать выделяющийся газ тлеющей лучинкой. Лучинка вспыхивает. Более энергично идет реакция с 30%-ным раствором.

Налить в большую пробирку менее $1/5$ объема 30%-ного раствора перекиси водорода. Пробирку поставить в стакан так, чтобы она была направлена в сторону от слушателей. Теперь внести в пробирку немного (на кончике ложечки) порошка двуокиси марганца. (Осторожно!) Реакция протекает очень бурно. Из пробирки вылетает столб пара с брызгами жидкости.

О п ы т 22

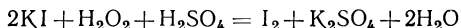
Разложение перекиси водорода при нагревании

Подготовка. Раствор H_2O_2 (3—5%-ный). Раствор щелочи. Большая пробирка. Лучина.

Выполнение. В пробирку налить раствор перекиси водорода и небольшое количество раствора щелочи (для более интенсивного разложения). При умеренном нагревании пробирки над пламенем горелки происходит заметное выделение пузырьков газа (проба лучинкой).

О п ы т 23

Окисление иодида калия перекисью водорода



Подготовка. Растворы: KI , H_2O_2 (3%-ная), H_2SO_4 (1:5), крахмал. Бокал или стакан емкостью 500 мл. Стекляная палочка.

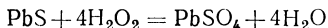
Раствор крахмала готовят следующим образом: около 0,5 г крахмала растереть в ступке с небольшим количеством воды в жидкую кашицу, которую влить в 100 мл кипящей воды. Затем охладить.

При выполнении опытов следует пользоваться раствором крахмала только свежеприготовленным.

Выполнение. Налить в бокал воды, прилить небольшое количество раствора иодида калия, подкислить. Теперь, помешивая стеклянной палочкой, прилить несколько миллилитров раствора H_2O_2 . Тотчас появляется желто-коричневая окраска выделившегося иода. При добавлении крахмала жидкость окрашивается в более заметный синий цвет.

О п ы т 24

Окисление сульфида свинца перекисью водорода



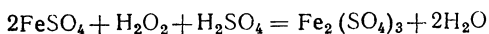
Подготовка. Растворы: ацетат свинца, перекись водорода (3—5%-ная). Сероводородная вода. Стаканы (или бокалы) емкостью 200—250 мл. Стеклянная палочка.

Для демонстрационного опыта сернистый свинец необходимо заблаговременно приготовить. Раствор ацетата свинца смешать с сероводородной водой до полного осаждения PbS. После отстаивания раствор слить, а осадок промыть водой несколько раз декантацией. Затем сернистый свинец вместе с водой внести в демонстрационный бокал (или стакан).

Выполнение. Черный осадок PbS, находящийся на дне стакана с водой, взмутить стеклянной палочкой. После этого прибавить раствор перекиси водорода. Постепенно черный осадок сульфида свинца превращается в белый сульфат свинца.

О п ы т 25

Окисление сульфата железа (II) перекисью водорода

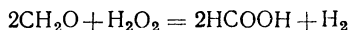


Подготовка. Раствор $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ (конц.), H_2SO_4 (1:5), H_2O_2 (3%-ная). Стакан емкостью 400—500 мл.

Выполнение. К раствору соли железа (II) прибавить небольшое количество раствора серной кислоты и несколько капель перекиси водорода. Появляется коричневое окрашивание.

О п ы т 26

Окисление формальдегида перекисью водорода



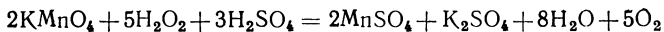
В этом опыте перекись водорода восстанавливается не до воды (как обычно), а до свободного водорода.

Подготовка. Перекись водорода (30%-ная), формалин (40%-ный). Круглодонная колба емкостью 500 мл с пробкой, через которую пропущена отводная трубка. Цилиндр для собирания газа (100—200 мл). Кристаллизатор. Асбестовая сетка.

Выполнение. В кристаллизатор с водой поместить цилиндр для собирания газа. В колбу налить 25—30 мл формалина и 15—20 мл (не более!) раствора H_2O_2 . Тотчас колбу закрыть пробкой с отводной трубкой и, укрепив в лапке штатива, поместить на асбестовую сетку. (Внимание!) Колбу очень осторожно нагреть. Нагревание прекратить, как только начнется реакция. Последняя протекает очень бурно, жидкость вскипает и пенится. Выделяющийся при реакции водород после вытеснения из колбы воздуха можно собрать в цилиндр и поджечь.

О п ы т 27

Восстановление перманганата калия перекисью водорода

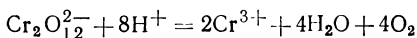
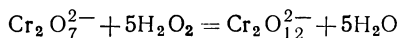


Подготовка. Растворы: перманганат калия, H_2O_2 (5—8%-ный), H_2SO_4 (конц.). Бокал или стакан емкостью 500 мл. Палочка.

Выполнение. В стакан поместить раствор KMnO_4 темно-розовой окраски (концентрацию раствора подобрать заранее). Подкислить его несколькими миллилитрами концентрированной серной кислоты. Помешивая стеклянной палочкой, прибавить раствор H_2O_2 . Происходит обесцвечивание раствора с одновременным выделением кислорода.

О п ы т 28

Восстановление бихромата калия перекисью водорода



Подготовка. Растворы: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, H_2O_2 (5—8%-ный), H_2SO_4 (конц.). Бокал емкостью 400—500 мл. Стеклянная палочка.

Выполнение. Налить в бокал сильно разбавленный раствор $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (лимонно-желтого цвета). Раствор подкислить

несколькими каплями концентрированной серной кислоты и добавить раствор H_2O_2 . Появляется синяя окраска надхромовой кислоты. При дальнейшем прибавлении H_2O_2 и размешивании раствора наблюдается разложение надхромовой кислоты, восстановление ее до $\text{Cr}(\text{III})$ и выделение кислорода. Раствор окрашивается в зеленый цвет.

Примечание. Перекисные соединения хрома синего цвета сохраняются длительное время в растворах эфира или амилового спирта. Чтобы показать это, опыт можно производить в цилиндре с притертой пробкой: после подкисления раствора прибавить эфир, затем перекись водорода и сильно встряхнуть цилиндр. Эфирный слой окрашивается в синий цвет.

II. КИСЛОРОД

При демонстрации опытов, в которых применяется кислород, рекомендуется пользоваться баллоном с кислородом.

При необходимости кислород можно получить из хлората калия или из перманганата калия, собирая его в газометр. Наиболее легко получать кислород из перманганата калия. Применяя для получения кислорода хлорат калия, следует соблюдать особую осторожность: реактив должен быть мелкокристаллическим, чистым. Применение загрязненного KClO_3 может привести к взрыву. Измельчение хлората калия следует производить осторожно в фарфоровой ступке или чашке. Соль следует раздавливать, а не растирать. Перед опытом соль надо проверить: небольшое количество соли нагреть в пробирке или в фарфоровой чашке. Для опытов пригодна лишь та соль, которая спокойно плавится.

Разложение хлората калия ускоряют катализаторы MnO_2 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , CuO , кварцевый песок и др. В их присутствии разложение хлората калия происходит легче, кислород выделяется равномерно. Обычно используют MnO_2 .

Реакционную смесь хлорат калия — двуокись марганца готовить в соотношении 2:1. Реактивы осторожно смешать на листе бумаги или встряхиванием в колбе.

ГОРЕНИЕ В КИСЛОРОДЕ МЕТАЛЛОВ И НЕМЕТАЛЛОВ

Демонстрируя горение в кислороде металлов и неметаллов, удобно пользоваться широкогорлыми стеклянными склянками емкостью 3—4 л. Склянки удобно закрыть стеклянными пластинками или лучше деревянными кружками, покрытыми снизу асбестом, через которые пропущены стержни металлических ложечек. В склянках должна находиться вода (около $1/8$ объема). В склянку, предназначенную для горения железа, следует насыпать песок (слой 2—3 см), а склянка для горения натрия должна быть совершенно сухой.

В некоторых случаях, например при демонстрации горения железа, удобно пользоваться деревянным кружком (или корковой пробкой), через который, кроме стержня

ложечки, пропущена стеклянная трубка для подачи кислорода.

Подготовка. Семь склянок с кислородом (склянки наполнять кислородом по мере надобности). Три металлические ложечки (одна из них покрыта асбестом) на длинном стержне, конец которого загнут под прямым углом. Железный стержень. Нож. Щипцы. Пинцет. Фильтровальная бумага. Стеклянная палочка. Фарфоровая чашка. Металлический натрий. Тонкая стальная проволока. Магниевая лента. Сера. Уголь. Фосфор (красный и белый); Раствор метилового оранжевого. Спирт.

О п ы т 29

Горение натрия в кислороде

Выполнение. Наполнить банку кислородом (проба тлеющей лучинкой!). Небольшой кусочек натрия очистить от керосина между листками фильтровальной бумаги и срезать пленку окиси. Положить его на асбестовую ложечку и осторожно нагреть в пламени газовой горелки. Как только натрий загорится, внести ложечку в банку с кислородом. Натрий горит в кислороде ярким пламенем.

Примечание. При нагревании натрия на его поверхности образуется пленка окиси. Короткой лучинкой следует время от времени очищать поверхность натрия, иначе он не загорится.

О п ы т 30

Горение железа в кислороде

Выполнение. Стальную проволоку свернуть в спираль и прикрепить к концу железного стержня. На конец спирали надеть небольшой комочек ваты. Налить в фарфоровую чашечку спирт, смочить комочек ваты и внести его в пламя спиртовки, чтобы вата загорелась. Теперь внести стержень в банку с кислородом (на дне банки должен быть слой песка 2—3 см). В кислороде от горящей ваты загорается и железо. Во все стороны разлетаются белые искры раскаленной окалины.

Горение железа в кислороде будет выглядеть особенно эффектно, если на горящее железо направить струю кислорода через стеклянную трубку, проходящую через пробку или деревянный кружок, покрывающий банку.

О п ы т 31

Горение магния в кислороде

Выполнение. Взяв щипцами магниевую ленту, зажечь ее в пламени спиртовки или газовой горелки и быстро внести в банку с кислородом. Магний ослепительно ярко горит.

О п ы т 32

Горение угля в кислороде

Выполнение. Кусочек древесного угля взять щипцами и накаливать в пламени газовой горелки, раздуть его и затем опустить в банку с кислородом. Уголь горит без пламени, но гораздо ярче, чем на воздухе. Если добавить теперь в банку несколько капель метилового оранжевого, будет заметна слабая розовая окраска.

О п ы т 33

Горение серы в кислороде

Выполнение. На металлическую ложечку положить несколько кусочков серы и нагреть в пламени газовой горелки. Сера плавится и загорается, горит на воздухе еле заметным пламенем. Поместить ложечку в банку с кислородом: сера сгорает ярким синеватым пламенем. Вынув ложечку, ввести в банку несколько капель метилового оранжевого. Раствор приобретает розовую окраску.

О п ы т 34

Горение фосфора в кислороде *

Выполнение. Просушить между листками фильтровальной бумаги кусочек белого фосфора величиной с горошину, положить его на металлическую ложечку и внести в банку с кислородом. Накаливать конец стеклянной палочки,

* Соблюдать правила обращения с белым фосфором.

прикоснуться к фосфору и поджечь его. Фосфор горит ослепительно ярким пламенем, банка наполняется густым белым дымом фосфорного ангидрида. Когда фосфор сгорит, вынуть ложечку и налить в банку немного метилового оранжевого. Цвет раствора — розовый.

Опыт можно показать и с красным фосфором. Положить красный фосфор на ложечку, нагреть его в пламени газовой горелки и внести ложечку в банку с кислородом. Фосфор горит ярким пламенем.

жидкий воздух

Опыты с жидким воздухом представляют большой интерес. Низкие температуры, которые можно получить при помощи жидкого воздуха, позволяют наблюдать разнообразные явления: изменение агрегатных состояний (конденсация газов, затвердевание жидкости); изменение цвета веществ, связанное с изменением в кристаллической решетке; интенсивное горение веществ в жидком воздухе.

Вместе с тем эти опыты требуют внимания и осторожности.

Сохранять жидкий воздух следует в специальных сосудах с двойными стенками; воздух из пространства между стенками должен быть выкачан. Для длительного хранения применяются сосуды Дьюара с посеребренными изнутри стенками. На лекции же удобны прозрачные несеребренные сосуды.

Ни в коем случае нельзя закрывать сосуды плотно пробкой, так как в результате испарения жидкого воздуха в сосуде создается высокое давление, и может произойти взрыв.

Для безопасности стеклянные сосуды Дьюара следует помещать в коробки, ящики или другие устройства соответствующего размера, обертывать их ватой или войлоком. Удобно зашивать сосуды Дьюара в чехлы из плотной материи.

При переливании жидкого воздуха из одного сосуда в другой следует проявлять осторожность. Важно, чтобы жидкий воздух не попал на верхний край сосуда, место спайки, — может произойти разрыв сосуда. При переливании жидкого воздуха из металлического сосуда в стеклянный удобно пользоваться бумажной воронкой. Это позволяет избежать попадания жидкости на места спайки.

Для переливания небольших порций жидкого воздуха во время демонстрации опытов удобно пользоваться приспособлением, хорошо знакомым по обычной промывалке: в корковую пробку пропущены две стеклянные трубки, одна — короткая, согнутая под прямым углом, другая — длинная, не достигающая, однако, до дна сосуда. Помнить, что корковая пробка не должна плотно входить в горло сосуда Дьюара. Длинную трубку медленно погружать в жидкий воздух, чтобы избежать бурного кипения жидкости при соприкосновении трубки с жидким воздухом. Затем вдвигать грушей воздух через короткую трубку, придерживая пробку пальцами, и порциями переливать жидкий воздух в демонстрационные сосуды (стенки не покрыты серебром).

Жидкий воздух, благодаря содержащемуся в нем кислороду, имеет голубой цвет. Интенсивность голубой окраски при этом тем больше, чем богаче жидкость кислородом.

Подготовка. Несколько прозрачных несеребрянных сосудов Дьюара (стаканов или бокалов). Коническая колба (емкостью 2—3 л), к колбе резиновая пробка с проходящей через нее длинной стеклянной трубкой. Кристаллизатор. Большой стакан (2—3 л). Демонстрационный столик. Газоотводная трубка. Аппарат Киппа [мрамор, HCl (1:3)]. Пробирки со спиртом ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), глицерином $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$, керосином, петролейным эфиром. Ртуть (в небольшой склянке на подносе). Пробирки с держалкой. Стержень из проволоки. Наковальня. Молоток. Гвозди. Деревянный брусок. Резиновая трубка, мячик, цветы или фрукты. Свинцовый колокольчик. Пробирки с кристаллами ромбической серы, сернистой ртутью (киноварь HgS), суриком (Pb_3O_4), окисью ртути (красная HgO). Парафин. Спиртовые растворы щелочи (0,5 М KOH) и фенолфталеина. Уголь (кусочки, в порошке). Вата. Папироса. Щипцы. Фарфоровые чашки. Керамические пластинки. Железный лист. Лучинки. Стаканы емкостью 200—300 мл. Коническая колба. Лампа. Вентилятор (бытовой).

О п ы т 35

Фонтан под давлением испаряющегося жидкого воздуха

Выполнение. Коническую колбу емкостью 2—3 л, до половины наполненную водой, поставить в кристаллизатор, налить в нее немного жидкого воздуха (из стакана) и плотно

закрыть пробкой, через которую проходит длинная стеклянная трубка с оттянутым концом, доходящая почти до дна колбы. Через некоторое время вода начинает выбрасываться из колбы в виде фонтана: жидкий воздух в колбе испаряется, и создается значительное давление.

О п ы т 36

Жидкий кислород тяжелее воды

Выполнение. Наполненный на $\frac{4}{5}$ объема водой большой стакан поместить на демонстрационный столик и из стакана Дьюара вылить в стакан немного жидкого воздуха. В воде жидкий воздух образует отдельные капли, которые бурно кипят и двигаются по поверхности. Затем видно, что капли жидкого воздуха то погружаются в воду, то всплывают вверх. Это происходит потому, что по мере испарения азота (а он улетучивается легче) увеличивается плотность жидкости — капля тонет, затем она снова всплывает вследствие газообразования.

Примечание. Следует установить у демонстрационного столика включенный вентилятор. Это помогает разгонять образующийся в результате конденсации паров воды из воздуха беловатый туман.

О п ы т 37

Конденсация двуокиси углерода при температуре жидкого воздуха

Выполнение. Присоединить к аппарату Киппа газотводную трубку. Погрузив в стакан Дьюара пробирку, опустить в нее газотводную трубку и пропустить ток углекислого газа. Через непродолжительное время в пробирке появляется белая масса твердой углекислоты. Высыпать углекислоту из пробирки на лист черной бумаги.

О п ы т 38

Замораживание жидкостей при температуре жидкого воздуха

Выполнение. Поочередно помещать в стакан Дьюара с жидким воздухом пробирки со спиртом, глицерином, керосином, петролейным эфиром. При этом жидкости

постепенно переходят в твердое состояние. Исключение составляет петролейный эфир, представляющий собой смесь низкомолекулярных углеводородов жирного ряда. Он становится более вязким.

О п ы т 39

Замораживание ртути жидким воздухом

Выполнение. Поместить в пробирку железный стержень (он должен быть длиннее, чем пробирка), налить почти до половины ртуть и постепенно, избегая сильного кипения жидкости, погрузить пробирку в сосуд с жидким воздухом. Пользоваться держалкой! Когда жидкость в сосуде перестанет кипеть, вынуть пробирку, положить ее на наковальню и отделить ртутный «молоточек» от стекла. Этим молоточком в кусок деревянного бруска можно вбить гвоздь.

По окончании опыта положить ртутный «молоточек» на фарфоровый поднос, чтобы избежать разливания ртути

О п ы т 40

Свойства металлов при температуре жидкого воздуха (свинцовый колокольчик)

Выполнение. Колокольчик из свинца при обычных условиях звучностью не обладает. Если же охладить его, погрузив в жидкий воздух, колокольчик может издавать звон подобно медному колокольчику.

О п ы т 41

Резиновая трубка, цветы, фрукты при температуре жидкого воздуха

Выполнение. 1. Погрузить в сосуд Дьюара с жидким воздухом резиновую трубку и подождать, пока прекратится кипение жидкости. Под действием жидкого воздуха резина делается твердой и хрупкой: под ударом молотка трубка, положенная на наковальню, разлетается на части.

2. Резиновый мячик (диаметр 4—5 см) погрузить в жидкий воздух, подождать, пока прекратится кипение жидкости. Вынуть его щипцами и бросить на пол. Мячик, как стеклянный, разбивается.

3. Цветок, погруженный в жидкий воздух, сохраняет цвет. Но брошенный на пол или стол разбивается на мелкие части.

То же самое происходит и с фруктами.

О п ы т 42

Изменение цвета веществ при температуре жидкого воздуха

Выполнение. Каждое из взятых веществ (сера, HgS , Pb_3O_4 , HgO) поместить в пробирку. Пробирку наполнять доверху, а охлаждать только до половины; таким образом, другая часть пробирки останется для сравнения. (Можно наполнять и две пробирки: одну охлаждать, другую — для сравнения.) Пробирки осторожно опускать в сосуд с жидким воздухом. Вначале жидкость сильно вскипает, затем кипение прекращается. При этом желтые кристаллы ромбической серы становятся белыми; красная сернистая ртуть — светло-желтой; красная окись ртути — желтой; сурик — светло-желтым.

Вынутые из жидкого воздуха все вещества постепенно принимают первоначальный вид.

О п ы т 43

Взаимодействие щелочи с фенолфталеином при температуре жидкого воздуха

Выполнение. Налить в пробирку спиртовой раствор щелочи (0,5 М КОН), прибавить 1—2 капли фенолфталеина. Появляется интенсивное малиновое окрашивание. Теперь осторожно опустить пробирку в стакан Дьюара с жидким воздухом. Через некоторое время вынуть пробирку из сосуда с жидким воздухом — раствор бесцветен. Когда раствор примет комнатную температуру, окраска возвращается.

О п ы т 44

Фосфоресценция веществ при температуре жидкого воздуха

Некоторые вещества (сахар, парафин) при температуре жидкого воздуха начинают фосфоресцировать.

Выполнение. Кусок парафина, насаженный на проволоку, опустить в жидкий воздух и дожидаться, пока жидкость перестанет кипеть. Погасить свет в аудитории и зажечь на столе сильную лампу. Вынув парафин из жидкого воздуха и осветив его лампой, погасить ее. Видно бледно-зеленое свечение парафина.

О п ы т 45

Горение угля в жидком воздухе

Выполнение. 1. Налить в фарфоровую чашечку немного жидкого воздуха. Кусочек угля раскалить в пламени газовой горелки и бросить в чашку. Уголь сгорает, треща и подпрыгивая.

2. Измельченный древесный уголь кучкой поместить на железный лист, облить жидким воздухом и поднести тлеющую лучинку. Уголь очень эффектно сгорает.

О п ы т 46

Горение ваты в жидком воздухе

Выполнение. Положив в фарфоровую чашку вату, облить ее жидким воздухом. Затем щипцами вынуть вату и положить на керамическую пластинку. Зажечь длинную лучинку и коснуться ею ваты, которая мгновенно сгорает со вспышкой. Избыток жидкого воздуха снижает яркость вспышки, поэтому следует подождать несколько секунд, пока избыток жидкого воздуха испарится, а уже потом поджечь вату.

О п ы т 47

Горение папиросы в жидком воздухе

Выполнение. Налить в фарфоровую чашку жидкий воздух, зажечь папиросу и бросить ее в чашку. Папироса интенсивно горит, наблюдается красивое пламя фиолетового цвета (пламя окрашивается солями лития и калия).

О п ы т 48

Горение лучинки в ледяном стаканчике

Выполнение. Опустив пробирку в стакан с водой, наливать в нее небольшими порциями жидкий воздух. Постепенно вокруг части пробирки, опущенной в воду, нарастает ледяной чехол. Когда он окажется достаточно толстым (толщина стенок около 0,5 см), налить в пробирку, вынув ее из воды и вылив остаток жидкого воздуха, немного теплой воды. Ледяной чехол снимается с пробирки. Получившийся ледяной стаканчик укрепить в горлышке конической колбы и наполнить жидким воздухом. Если в стаканчик опустить тлеющую лучинку, она ярко вспыхивает и горит. Стенки стаканчика светятся, и он некоторое время не плавится.

Примечание. Выполняя опыты по горению различных веществ в жидком воздухе, следует помнить об осторожности. В жидком воздухе (особенно в жидком кислороде) нельзя сжигать железо, магний, порошкообразный алюминий, особенно же фосфор. В первых двух случаях, как правило, лопаются сосуды Дьюара, в двух последних возможны сильнейшие взрывы.

ОЗОН

Озон обычно получают действием на кислород так называемого тихого разряда (электрического разряда без искр). Применяемый для этого прибор — озонатор — изображен на рис. 5. Разряд происходит в промежутке между двумя стенками сосуда А, через который проходит медленный ток кислорода. Внутри сосуда А и в стакане находится раствор соли (или разбавленный раствор серной кислоты). В раствор опущены медные проволоки, присоединенные к полюсам индукционной катушки высокого напряжения

(или трансформатора). Для питания катушки требуется постоянный ток напряжением 6—12 в. Пропустив кислород через склянку с H_2SO_4 , его подают в озонатор через трубку *Б*, впаянную в нижнюю часть сосуда. Через верхнюю трубку *В* выходит озонированный кислород.

Рекомендуемый озонатор удобен тем, что позволяет при соединении нескольких сосудов в общей ванне повысить (если это необходимо) содержание O_3 в озонированном

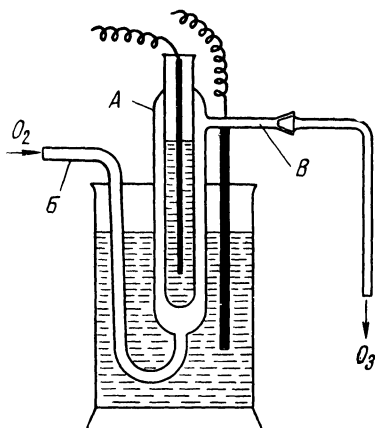


Рис. 5. Ячейка озонатора

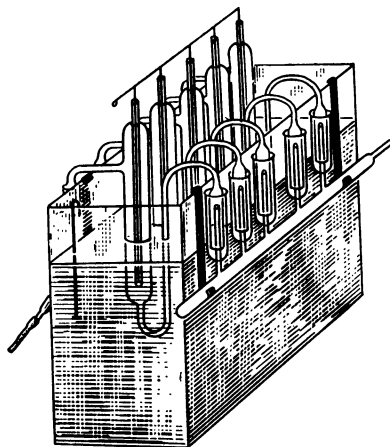


Рис. 6. Озонатор

кислороде (рис. 6). На выходную трубку озонатора необходимо припаять шлиф. При помощи его к трубке можно присоединять другие стеклянные трубки, необходимые для проведения опытов.

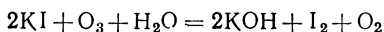
При работе с катушкой (или трансформатором) нужно обратить внимание на следующее: ни в коем случае не дотрагиваться до работающей катушки или какой-либо части, контактирующей с нею. Провода должны быть проведены так, чтобы они нигде не соприкасались ни с какими металлическими частями. После выключения тока не следует сразу касаться катушки, так как заряд в течение нескольких секунд может остаться на ней. При демонстрации опытов помнить о соблюдении осторожности.

Подготовка. Озонатор. Источник кислорода (баллон). Индукционная катушка (или трансформатор). Источник постоянного тока (6—12 в). Склянка Тищенко с концент-

рированной серной кислотой. Набор трубок со шлифами: трубка из термостойкого стекла (длина 30, диаметр 1 см) с согнутым под прямым углом и слегка оттянутым концом, трубка, наполненная зерновой MnO_2 , тоже с согнутым и оттянутым концом и несколько более коротких трубок (длина 10—12 см). Раствор иодида калия. Раствор крахмала. Иодокрахмальная бумага. Разбавленный раствор индиго. Полоска серебряная. Небольшая склянка с ртутью (на подносе). Скипидар. Резиновая трубка. Стаканы или бокалы. Стекланный цилиндр (100 мл) с пробкой. Пробирка или небольшая колба с пробкой.

О п ы т 49

Окисление иодида калия



Выполнение. Собрав указанную установку (баллон с кислородом, склянка Тищенко с серной кислотой, озонатор, индукционная катушка, источник постоянного тока), пустить медленный ток кислорода. К выходной трубке озонатора на шлифе присоединить короткую, согнутую под прямым углом трубку. Включить ток. Налить в стакан раствор иодида калия и несколько капель крахмала. Поднести стакан к трубке (конец трубки опускать в раствор не надо!) и, помешивая стекланный палочкой, подержать несколько секунд. В стакане появляется синее окрашивание, свидетельствующее о выделении иода.

О п ы т 50

Окисление серебра

Выполнение. Серебряную пластинку с блестящей, очищенной заранее поверхностью, взять щипцами и слегка нагреть в пламени горелки (или спиртовки). Затем поднести ее к трубке озонатора. На пластинке появляется темное пятно окисла.

Если теперь пластинку сильно нагреть, пятно исчезнет.

Предварительное нагревание серебряной пластинки не должно быть слишком сильным. Хотя окисление серебра озоном на холоду не происходит, при слишком высокой температуре окислы серебра разлагаются (выше $300^\circ C$).

О п ы т 51

Окисление ртути

Выполнение. Поместить в сухую пробирку или небольшую колбу немного ртути. Показать, что к чистым стенкам пробирки ртуть не прилипает. Опустив сухую газоотводную трубку озонатора в пробирку, наполнить озоном ее. Затем вставить пробку и взболтать содержимое пробирки. Ртуть растекается по стенкам и, покрытая тонкой пленкой окисла, прилипает к ним, образуя зеркало.

О п ы т 52

Разрушение озоном резины

Выполнение. Надеть на газоотводную трубку озонатора небольшой отрезок тонкостенной резиновой трубки, а к ней присоединить отрезок стеклянной. Опустив последнюю в стакан с водой, пропускать озонированный кислород. Вначале в стакане будут видны пузырьки проходящего газа, но вскоре они исчезают. Озон разрушает резину, и на трубке появляются трещинки.

О п ы т 53

Окисление индиго

Выполнение. Опустить трубку в разбавленный до светло-голубого цвета раствор индиго. Через раствор пропустить озонированный кислород. Через некоторое время раствор обесцвечивается.

О п ы т 54

Озон растворяется в скипидаре

Выполнение. В сухой стеклянный цилиндр с пробкой пропускать озон до тех пор, пока иодокрахмальная бумажка у выхода цилиндра не окрасится в синий цвет. Влить в цилиндр 10—15 мл скипидара, сильно взболтать. Озон

при помощи иодокрахмальной бумажки теперь не обнаруживается. Перелить скипидар в небольшой сухой стакан и погрузить в него сухую иодокрахмальную бумажку — она окрашивается в синий цвет.

Показать, что исходный скипидар не действует на иодокрахмальную бумажку.

О п ы т 55

Каталитическое разложение озона

Выполнение. К озонатору присоединить трубку, содержащую двуокись марганца, и пропустить через нее озонированный кислород. Конец трубки опустить в бокал с раствором иодида калия и крахмалом. Видно, что через раствор проходят пузырьки газа, но раствор остается бесцветным. Снять трубку с катализатором и поднести бокал с раствором к трубке озонатора: раствор в бокале синее.

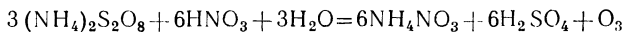
О п ы т 56

Разложение озона при нагревании

Выполнение. Присоединить к газоотводной трубке озонатора длинную (около 30 см) трубку, поддерживаемую держателем. Приготовить несколько стаканов с растворами иодида калия и крахмалом. Прогреть пламенем газовой горелки сначала всю трубку, затем сосредоточить нагревание на центральной ее части. Через некоторое время поднести к концу нагреваемой трубки стакан с иодидом калия. Если трубка достаточно нагрета, посинения раствора не происходит. Если раствор все-таки окрасился в синий цвет, отставить стакан и продолжить нагревание еще некоторое время. Затем снова поднести другой подготовленный стакан с раствором — посинение не появляется. При охлаждении трубки в вытекающем газе снова обнаруживается озон.

Получение озона при взаимодействии персульфатов с азотной кислотой

В этом опыте предлагается одна из реакций, сопровождающаяся выделением озона.



Подготовка. Персульфат аммония (или калия). Концентрированная азотная кислота (пл. 1,4). Раствор иодида калия. Круглодонная колбочка (емкостью 100—150 мл) со шлифом. Большая пробирка или стакан емкостью 100 мл. Фильтровальная бумага.

В горло колбы вставить притертую пробку с изогнутой в виде буквы П стеклянной трубкой.

Выполнение. Насыпать в колбочку около 3 г $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ и прибавить 15 мл концентрированной HNO_3 . Вставив в горло колбы пробку с П-образной трубкой, опустить конец ее в пробирку (или стакан) с раствором иодида калия. Содержимое колбочки слегка нагреть. Через 30—40 сек в пробирке появляется желтое окрашивание, свидетельствующее о выделении иода.

Продолжая нагревание, убрать пробирку с раствором KI и убедиться в выделении озона, поднеся к концу трубки бумажку, смоченную KI.

Нагреть середину горизонтальной части П-образной трубки пламенем горелки и, не прекращая осторожного нагревания, снова поднести к концу трубки бумажку, смоченную иодидом калия. Выделения иода не происходит.

III. ТЕРМОХИМИЯ

О п ы т 58

Термическое разложение бихромата аммония



Подготовка. Колба емкостью 200—250 мл. Кристаллический бихромат аммония (крупные кристаллы измельчить в ступке, но не превращать их в порошок). Кусок листового асбеста.

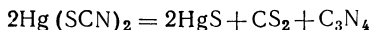
Выполнение. В колбу поместить бихромат аммония (до 1/3 объема). Укрепив колбу в наклонном положении, направить отверстие колбы в безопасное место — в сторону от слушателей. Прогрев колбу, сосредоточить нагревание в одном месте до начала реакции и горелку отставить. Реакция продолжается бурно. Из горла колбы вылетает поток раскаленных частиц окиси хрома. На место их падения следует положить кусок асбеста.

Этот опыт можно провести иначе. На лист асбеста положить соль в виде горки. Чтобы она не рассыпалась, можно окружить горку полоской металлической фольги (от шоколада). Поднести к верхушке горелку, опрокинутую пламенем вниз, и сильно нагреть кристаллы до начала реакции. Затем горелку отставить и наблюдать «извержение вулкана».

Примечание. Этот опыт и два следующих принадлежат к серии эффектных реакций. Их можно использовать в этом разделе для демонстрации процессов, протекающих с выделением энергии.

О п ы т 59

Разложение роданида ртути («фараоновы змеи»)



Подготовка. Роданид ртути можно получить при сливании растворов роданида калия и соли ртути (II). Осадок отфильтровать и промыть водой. Затем поместить в фарфоровую чашку, прибавить (не более 1/4 объема) декст-

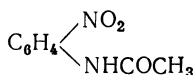
рина и воды до образования густой массы. Из этой массы скатать маленькие шарики или тонкие колбаски (толщиной в спичку), а затем высушить их при комнатной температуре. Хранить в склянке с притертой пробкой.

Выполнение. На асбестовую сетку положить 2—3 шарика или в отверстия сетки вставить колбаски роданида ртути и поджечь их спичкой. Можно кусочки роданида бросать на поднос с горячим песком. Пойдет экзотермическая реакция разложения, причем объем продуктов распада во много раз превышает объем исходной соли. Продукты приобретают фантастические очертания извивающихся змей.

Большое количество этих «змей» получать не следует, так как при разложении выделяются ядовитые летучие вещества.

О п ы т 60

Разложение нитроацетанилида



Подготовка. *n*-Нитроацетанилид. Концентрированная серная кислота. Фарфоровый тигель.

Выполнение. В тигель или в небольшую фарфоровую чашку поместить 5 г *n*-нитроацетанилида и прибавить 2 мл концентрированной серной кислоты. Поставить тигель в кольцо штатива и осторожно нагреть пламенем горелки примерно до 200—250° С. Когда масса расплавится и станет черной, горелку убрать. Через несколько секунд происходит бурная реакция, и из тигля выскакивает длинная черная «змея».

О п ы т 61

Теплота растворения некоторых веществ в воде (экзо- и эндотермические реакции)

Подготовка. Нитрат или роданид аммония. Гидроокись калия или натрия. Стаканы емкостью 250—300 мл. Большой демонстрационный термометр, укрепленный в штативе (или термоскоп).

Выполнение. В стакан налить немного воды. Опустив термометр, погрузить его шарик в воду. Затем внести в стакан несколько ложек мелких кристаллов нитрата или роданида аммония. Термометр показывает сильное понижение температуры раствора. Аналогичный опыт проделать, внося в другой стакан с водой измельченную щелочь (или концентрированную серную кислоту). В этом случае будет наблюдаться сильное разогревание раствора.

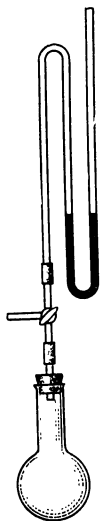


Рис. 7. Термоскоп

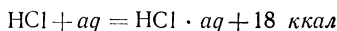
При отсутствии демонстрационного термометра необходимо изготовить термоскоп — прибор, показывающий изменение температуры, но не имеющий шкалы с делениями. Удобная модель этого прибора состоит из пробирки или небольшой колбы (емкостью 50—100 мл) с хорошо подобранной к ней резиновой пробкой (рис. 7). Через пробку пропустить один из отводов трехходового крана. Другой отвод присоединить к манометру (U-образная стеклянная трубка). Третий отвод крана будет осуществлять сообщение прибора с атмосферой. В трубку манометра налить воду, подкрашенную красителем (фуксином или индиго). За трубкой поместить белый экран (лист плотной белой бумаги, прикрепленный 2—3 кусочками тонкой металлической проволоки). Прибор укрепить в штативе так, чтобы его можно было легко опускать или поднимать. При демонстрации опыта опустить пробирку термоскопа в реакционный стакан с водой и установить при помощи крана уровни жидкости в манометре на одной высоте. После введения соли или щелочи в стакан с водой поворотом крана соединить манометр с пробиркой термоскопа. Расширение воздуха в пробирке при нагревании или сжатие при охлаждении изменит положение уровней жидкости в манометре. Эти изменения хорошо заметны даже при незначительном колебании температуры. Чувствительность прибора можно изменить, применяя для манометра трубки различного диаметра. В литературе имеются описания других, не менее удобных термоскопов. Например, Рейнбольдт* предла-

* Г. Рейнбольдт. Техника химического демонстрационного эксперимента. ОНТИ, 1935, стр. 80, 133.

гает использовать сосуд с отводной трубкой (от склянки Дрекселя). К сосуду пришлифовать реакционную пробирку, снабженную горлышком в виде воронки. В этой пробирке происходят реакции, а манометр, присоединенный к отводной трубке склянки (воздушной муфтой), будет отмечать их тепловой эффект. Модель самого простого термоскопа, но менее удобного в обращении, описана в книге Верховского*.

О п ы т 62

Теплота растворения хлористого водорода

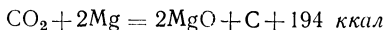
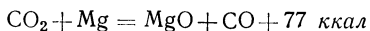


Подготовка. Широкий цилиндр с хлористым водородом. (Получение см. на стр. 121.) Демонстрационный термометр или термоскоп. Листок фильтровальной бумаги. Вода.

Выполнение. Смочив водой небольшой листок фильтровальной бумаги, обернуть им сосуд термоскопа или шарик демонстрационного термометра. Затем опустить термоскоп или термометр почти до дна в цилиндр с хлористым водородом. Наблюдать подъем жидкости в термоскопе (или термометре), указывающий на выделение тепла, сопровождающее растворение хлористого водорода в воде.

О п ы т 63

Горение магния в двуокиси углерода



Подготовка. Порошок магния. Источник получения двуокиси углерода. Большая термостойкая пробирка или небольшая колба (емкостью 50—100 мл). Отрезок стеклянной трубки, согнутой под прямым углом. Поднос с песком.

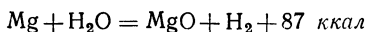
Выполнение. В пробирку насыпать слой порошка магния высотой 2—3 см. Укрепив пробирку в штативе, опустить в нее отводную трубку, соединенную с прибором Киппа или баллоном. Конец трубки должен находиться на рас-

* В. Н. Верховский. Техника и методика химического эксперимента в школе, т. II, 1960. Учпедгиз, стр. 144.

стоянии 1—1,5 см от слоя магния. Подставив под пробирку поднос с песком, прокалить дно пробирки. Как только магний накалится, пустить сильный ток газа и удалить горелку. Металл ярко вспыхивает и сгорает в двуокиси углерода. Стенки пробирки покрываются черным налетом угля.

О п ы т 64

Горение магния в парах воды



Подготовка. Магний (лента или проволока). Термостойкая колба с коротким и широким горлом. Асбестовая сетка. Щипцы. Светозащитные очки.

В горло колбы вставить полоску листового асбеста, свернутого в виде цилиндра. Последний должен выступать над горлышком колбы на 5—6 мм. Плотно вставленный асбест не проваливается и во время опыта предохраняет колбу от растрескивания. Из 3—4 кусочков магниевой ленты, хорошо очищенной наждачной бумагой, сплести прямой жгутик длиной 12—14 см.

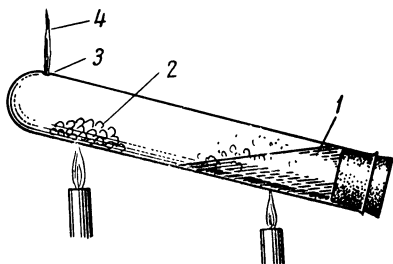


Рис. 8. Горение магния в парах воды

Выполнение. Налить в колбу немного воды (высота слоя около 2 см). Нагреть воду до кипения

и кипятить в течение 1—2 мин, чтобы вытеснить из колбы воздух. Надев темные очки, взять приготовленный магний щипцами и держать его в вертикальном положении, точно над горлом колбы. Лево́й рукой, пользуясь горелкой, поджечь ленту магния и опустить в пары воды. Появляется водородное пламя, окрашенное в желтый цвет (благодаря стеклу). Это пламя можно отличить от ярко-белого пламени магния.

При известном навыке этот опыт можно провести проще, используя пробирку, в которую помещены и вода 1, и магний 2. Водород 4 будет гореть у отверстия 3, у дна пробирки (рис. 8).

О п ы т 65

Разложение воды горящим магнием

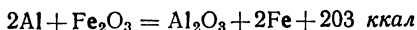


Подготовка. Порошок магния. Ложечка со стержнем из длинной железной проволоки, согнутой под прямым углом. Термостойкий стакан емкостью 600—800 мл.

Выполнение. Наполнить стакан водой до $\frac{3}{4}$ его объема. В ложку насыпать магний и, держа ее за конец отогнутой под прямым углом проволоки, сильно нагреть магний в пламени горелки. Как только магний начнет гореть, быстро опустить ложку в воду. Происходит яркая вспышка, и появляется пламя.

О п ы т 66

Восстановление окиси железа алюминием [алюминотермия]



Подготовка. Графитовый тигель емкостью около 100 мл. Глубокий поднос с песком. Щипцы. Пробирка с отрезанным дном (или отрезок широкой трубки). Кусочек хорошо очищенной магниевой ленты длиной 8—10 см. Порошок магния. Перекись бария. Алюминий в крупинках. Порошкообразная окись железа.

Реакционную смесь приготовить из 50 г окиси железа и 16 г алюминия (оба вещества предварительно просушить в сушильном шкафу). Зажигательную смесь приготовить из 18 г перекиси бария и 2 г порошка магния. Смесь тщательно перемешать в склянке (в ступке растереть нельзя!). На дне тигля просверлить дырку диаметром 1—1,5 см. Дырку закрыть, положив на дно кружок из тонкой жести (его можно вырезать из консервной банки). За неимением графитового тигля можно использовать небольшой цветочный горшочек (срок службы цветочного горшочка значительно короче, чем графитового тигля).

Выполнение. На середину тигля поставить отрезок пробирки или трубки. В тигель насыпать реакционную смесь (до $\frac{2}{3}$ высоты тигля) и плотно утрамбовать ее вокруг пробирки. Внутрь пробирки поместить магниевую

ленту и насыпать зажигательную смесь. После этого пробирку осторожно вынуть. Торчащий из смеси кончик ленты слегка загнуть для того, чтобы его было удобно поджечь. Поставить тигель в кольцо штатива и поднять на 30—35 см от поверхности стола. Штатив отодвинуть на край стола — дальше от зрителей. Под тигель поставить глубокую чашку с сухим песком. Теперь поджечь ленту лучинкой и отойти от прибора. Горящий магний поджигает смесь. Начинается бурная реакция, и поднимается высокая температура. Образующееся железо плавится (листок из жести тоже!) и через отверстие тигля раскаленной струей со снопом искр вытекает в чашку с песком. После окончания реакции показать кусок раскаленного железа, вынув его щипцами из чашки с песком.

О п ы т 67

Восстановление двуокиси углерода углеродом



Подготовка. Фарфоровая трубка длиной около 40 и диаметром около 2 см. Древесный уголь (кусочки размером с горошину). Источник получения двуокиси углерода. Трубчатая электрическая печь на 1000° С.

К фарфоровой трубке подобрать пробки. В пробки вставить отрезки стеклянных трубок. Длина фарфоровой реакционной трубки должна быть такой, чтобы середина ее находилась в печи, а концы выходили с одной и другой стороны на 10—12 см. Только в этом случае пробки не будут гореть. На расстоянии 10 см от одного конца трубки поместить рыхлый комочек стеклянной ваты и набить трубку кусочками древесного угля. Положив другой комочек стеклянной ваты, оставить второй конец незаполненным тоже на 10 см. Трубку поместить в холодную печь. Чтобы сделать видимой скорость поступления двуокиси углерода в печь, ввести в установку склянку Тищенко с серной кислотой. Для этого к источнику CO_2 присоединить стеклянный тройник и второй такой же тройник к пробке у входа в реакционную трубу. Одни отводы тройников соединить через склянку Тищенко, другие непосредственно отрезком резиновой трубки. Отводы снабдить винтовыми зажимами. Два от-

вода делаются для того, чтобы ток CO_2 после отрегулирования его скорости не был прерывистым, и пламя CO могло спокойно гореть на другом конце установки. Для горения окиси углерода к отрезку трубки в пробке у выходного конца установки присоединить стеклянную трубочку с оттянутым концом и согнутую под прямым углом. Под рукой должна находиться еще одна такая же трубочка.

Выполнение. Вытеснить воздух из фарфоровой трубы двуокисью углерода. Затем, прекратив поступление газа, включить печь. Закрывать отверстия печи (у входов трубки) кусочками асбеста и оставить печь для нагревания до 1000°C (25—30 мин). Затем, войдя в аудиторию, пустить в установку двуокись углерода и отрегулировать скорость ее поступления при помощи склянки Тищенко. После этого закрыть винтовой зажим у склянки и пустить газ через другой отвод, не меняя его скорости. Струю выходящего газа поджечь. Она горит, давая маленький голубой язычок пламени. Если язычок срывается, то или низка температура печи и нужно подождать, или велика скорость подачи CO_2 . В последнем случае слегка уменьшить ток двуокиси углерода.

В трубке для горения может сконденсироваться вода, тогда нужно эту трубку снять и вставить запасную. Для окончания опыта необходимо сильно понизить температуру печи. Выключить нагрев. Когда пламя погаснет, прекратить поступление двуокиси углерода. Через некоторое время снять пробки, вытащить из печи еще горячую трубку, взяв полотенцем за холодный конец, и унести из аудитории.

Примечание. Опыт интересен тем, что может служить для перехода к следующему разделу курса.

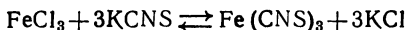
Несмотря на кажущуюся сложность подготовки, опыт в выполнении прост и всегда выходит, если температура печи не ниже $900\text{—}1000^\circ \text{C}$.

IV. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НА СМЕЩЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

О п ы т 68

Взаимодействие хлорида железа с роданидом калия



Подготовка. Хлорид железа (III) или железные квасцы. Роданид калия или аммония. Хлорид калия или аммония. Четыре стакана емкостью 300—400 мл. Колба емкостью около 1 л.

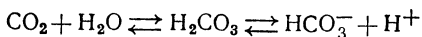
Для приготовления раствора соли железа удобнее брать не FeCl_3 (легко расплывающееся вещество!), а железные квасцы. В 200 мл воды растворить 10 г $\text{K}[\text{Fe}(\text{SO}_4)_2] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ и добавить несколько капель H_2SO_4 для предотвращения гидролиза.

Для приготовления второго раствора взять 5,8 г KCNS или 4,6 г NH_4CNS и 200 мл воды. Далее налить в большую колбу около 1 л воды и 8—12 мл каждого из приготовленных растворов. Жидкость окрашивается в красновато-оранжевый цвет. Окраска не должна быть темной.

Выполнение. Разлить приготовленный в колбе раствор в четыре стакана (белый фон!). В первый стакан прибавить несколько миллилитров раствора соли железа, во второй стакан — несколько миллилитров раствора KCNS , в третий — немного концентрированного раствора KCl , а в четвертый — несколько миллилитров воды. В первых двух стаканах произойдет усиление окраски растворов, в третьем — ослабление до светло-желтой окраски, в четвертом стакане изменений не будет.

О п ы т 69

Взаимодействие двуокиси углерода с водой



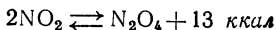
Подготовка. Разбавленный раствор NaOH (приблизительно 0,01 M), фенолфталеин. Источник CO₂ (баллон или аппарат Киппа). Коническая колба емкостью 250—300 мл. Отрезок стеклянной трубки.

Выполнение. В коническую колбу налить 100—150 мл воды и несколько капель фенолфталеина. Затем в течение 0,5—1 мин через воду пропускать двуокись углерода (слегка наклонить колбу!). После этого поставить колбу с раствором на лист белой бумаги и быстро влить в нее около 1—2 мл раствора щелочи. Появившаяся малиновая окраска постепенно исчезает. Снова прилить немного щелочи. Окраска появляется и при стоянии вновь исчезает. Прodelать это можно несколько раз.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СМЕЩЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

О п ы т 70

Диссоциация двуокиси азота

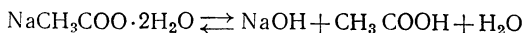


Подготовка. Стеклянный прибор, имеющий форму двух шаров (диаметром 7—8 см), соединенных П-образной трубкой. Прибор этот наполнить двуокисью азота, которую можно получить при взаимодействии меди с концентрированной азотной кислотой или при термическом разложении нитрата свинца. После заполнения отверстие в П-образной трубке закрыть сначала пробкой, а затем запаять. В таком виде прибор хранить для демонстраций. Далее приготовить два стакана: один с горячей водой (с температурой, близкой к кипению), второй стакан (батарейный) с мелкими кусочками льда или со снегом. Белый экран.

Выполнение. Один из шаров сосуда опустить в стакан с горячей водой, а другой — в стакан со льдом. Через несколько минут сосуд из стаканов вынуть и приложить к белому экрану. Разница в интенсивности окраски шаров получается достаточно заметная.

О п ы т 71

Нагревание ацетата натрия

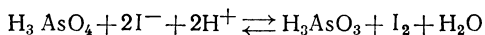


Подготовка. В круглодонную колбу (емкостью 100—200 мл) поместить кристаллический ацетат натрия (примерно до половины объема колбы) и 5—6 капель спиртового раствора фенолфталеина. Колбу закрыть пробкой и хранить для демонстраций.

Выполнение. Снять пробку и слегка нагреть колбу над пламенем горелки. Появляется малиновая окраска фенолфталеина. Охладить, и окраска исчезает.

О п ы т 72

Взаимодействие иодида калия с мышьяковой кислотой в замороженном водном растворе



Подготовка. Растворы: 0,01 М иодид калия, 0,01 М мышьяковая кислота, 0,01 М хлорная кислота. Ацетон. Твердая углекислота. Стакан Дьюара. Большая пробирка. Держалка. Стакан с теплой водой.

При приготовлении растворов необходимо из воды удалить растворенный воздух. Для этого растворы мышьяковой кислоты и хлорной кислоты нагреть до кипения и кипятить в течение нескольких секунд. Иодид калия растворить в воде, из которой предварительным кипячением был удален воздух. После охлаждения растворы в равных объемах (по 10—20 мл) слить в небольшой стакан. При демонстрации обратимой реакции для вымораживания воды необходимо охладить раствор примерно до $-70 \div -80^\circ \text{C}$. Для этого в стакане Дьюара нужно приготовить охлажденный до этой температуры ацетон. Ацетон охладить можно твердой углекислотой. Маленькие кусочки твердой углекислоты один за другим бросить в ацетон (см. опыт 230). Если кусочки не исчезают, а остаются в ацетоне на дне стакана, охлаждающая смесь готова.

Для охлаждения раствора до -80°C можно использовать и жидкий воздух.

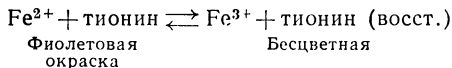
Выполнение. Приготовленный раствор перелить в большую пробирку (приблизительно до 1/2 объема) и осторожно при помощи держалки опустить в стакан Дьюара с охладительной смесью. Через 1—2 мин в пробирке образуется лед и раствор окрашивается сначала в желтый, а затем в ярко-оранжевый цвет. Идет прямая реакция — мышьяковая кислота окисляет ион иода до иода. Теперь вынуть пробирку из охладительной смеси и, укрепив в штативе, поместить против белого фона. Лед при комнатной температуре тает, и в растворе начинает протекать обратная реакция. Через 10—15 мин окраска становится уже светло-желтой. Для ускорения процесса пробирку теперь можно опустить в стакан с теплой водой. Через 2—3 мин раствор делается бесцветным. Чтобы показать легкую обратимость реакции, опыт следует повторить еще раз. Охладив пробирку до комнатной температуры, опустить ее в стакан с охладительной смесью. Иод снова начинает выделяться и окрашивать раствор в желтый цвет. После оттаивания иод восстанавливается, и окраска раствора исчезает.

Для успешного выполнения опыта нужно иметь свежеприготовленные растворы и при приготовлении их тщательно удалять из воды воздух.

СМЕЩЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОСВЕЩЕНИЯ

О п ы т 73

Фотохимическое восстановление тионина



Реакция слева направо идет при поглощении света тионином; обратная реакция идет в темноте. Равновесие в темноте и на свету устанавливается в течение нескольких секунд.

Приведенная реакция детально изучена Е. Рабиновичем*.

* E. Rabinowitch, J. Chew. Phys. 1940, 8, 551, 560; J. Am. Chem. Soc., 1940, 63, 69.

Тионин $C_{12}H_9N_3S$ в кислой среде образует одновалентный пурпурный катион. При переходе к тионину одного электрона образуется бесцветный семитионин.

Подготовка. Раствор сульфата $Fe(II)$ (2 г $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ или эквивалентное количество соли Мора в 500 мл воды). Раствор тионина (0,02 г в 100 мл воды). Раствор H_2SO_4 (1 : 5). Лампа на 300—500 *вт*. Стакан емкостью 500—600 мл. Колпак для стакана, склеенный из черной бумаги.

Выполнение. Смешать в стакане 480 мл раствора соли $Fe(II)$, 10 мл раствора тионина и 10 мл раствора серной кислоты. Раствор имеет фиолетовую окраску.

Осветить стакан лампой на расстоянии 3—4 см от поверхности раствора. Раствор почти мгновенно становится бесцветным. Отставить лампу и покрыть стакан черным колпаком. Через несколько секунд снять колпак и показать, что раствор опять приобрел фиолетовую окраску.

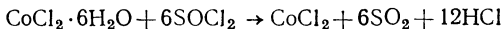
ВЛИЯНИЕ ЭНТРОПИИ НА ХОД ЭНДОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Эндотермические реакции при комнатной температуре, как известно, могут проходить лишь в том случае, если рост энтропии достаточно велик, чтобы превысить влияние энергетического фактора.

В качестве примера предлагается следующий опыт.

О п ы т 74

Взаимодействие хлористого тионила с кристаллогидратом хлорида кобальта *



При прохождении этой реакции температура падает почти до $0^\circ C$. Процесс сопровождается образованием большого числа газообразных молекул: происходит бурное выделение хлористого водорода и сернистого газа.

* G. W. J. Matthews, J.Chem. Educ., 1966, 43, № 9, 476.

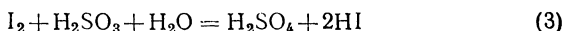
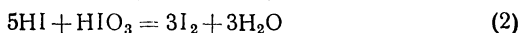
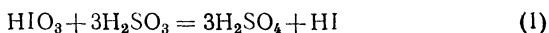
Эта реакция очень интересна, но требует хорошего вытяжного устройства на демонстрационном столе.

Подготовка. Кристаллический хлорид кобальта. Хлористый тионил. стакан емкостью 50—100 мл. Демонстрационный термометр.

Выполнение. В стакан налить немного хлористого тионила (такое количество, чтобы только покрыть шарик термометра). Затем внести 2—3 г кристаллогидрата. Начинается бурное выделение газов (осторожно!). Температура резко снижается. Розовый хлорид кобальта переходит в комплексную соль, окрашенную в синий цвет.

О п ы т 75

Взаимодействие сернистой и иодноватой кислот



Реакция (3) осуществляется быстрее реакции (2). Поэтому свободный иод может появиться в растворе лишь после окисления всей сернистой кислоты. Момент этот определяется по синему окрашиванию прибавленного к смеси крахмала.

Этот опыт (реакция Ландольта) до сих пор является одним из самых эффектных опытов, демонстрирующих протекание химических процессов во времени.

Подготовка. Раствор иодноватой кислоты (5 г HIO_3 на 500 мл воды). Раствор сернистой кислоты (12 мл насыщенного раствора H_2SO_3 на 500 мл воды). Свежеприготовленный крахмальный клейстер. Метроном. Стакан емкостью 500—600 мл или бокал. Два стакана емкостью 200—250 мл. Две пипетки по 25 мл. Измерительный цилиндр емкостью 100 мл.

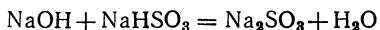
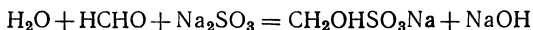
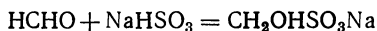
Выполнение. На лист белой бумаги поставить большой стакан. В один из двух меньших стаканов налить 100 мл воды, точно отмерив объем цилиндром. Во второй стакан поместить 90 мл воды и 10 мл крахмала. После этого тщательно отмерить пипеткой 25 мл раствора HIO_3 и вылить в первый стакан. При помощи другой пипетки набрать 25 мл раствора H_2SO_3 и спустить во второй стакан. Включить метроном. Взяв оба стакана, быстро вылить содержимое их в большой стакан и тотчас начать отсчет ударов метронома. Через 10—15 ударов метронома раствор мгновенно становится синим.

Этот опыт следует проверить заранее (перед лекцией) и точно установить время прохождения реакции, а перед демонстрацией объявить, через сколько ударов метронома закончится данная реакция. Если позволяет время, про-

демонстрировать опыт два раза, точно соблюдая концентрации растворов. Число ударов метронома, отмечающих конец реакции, должно быть одинаково. Это будет зависеть от точности приготовления растворов.

О п ы т 76

Взаимодействие формалина с сульфитом и бисульфитом натрия



Концентрация ионов гидроксила в растворе возрастает только тогда, когда ионы HSO_3^- будут израсходованы. Изменение pH раствора покажет индикатор.

Подготовка. Сульфит натрия, бисульфит (или пиросульфит) натрия. Формалин (40%-ный). Спиртовые растворы фенолфталеина и тимолфталеина. Раствор нитрата кадмия (0,03—0,04 M). Стаканы. Измерительные цилиндры.

Раствор А: 6—7 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ растворить в 250 мл воды.

Раствор Б: 1,5 г Na_2SO_3 растворить в 250 мл воды.

Раствор В: 30 мл 40%-ного формалина разбавить водой до 1000 мл.

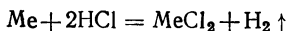
Все растворы должны быть свежеприготовленными.

Выполнение. В один стакан внести 150 мл раствора В и несколько капель фенолфталеина. Во второй поместить такое же количество раствора В и несколько капель тимолфталеина. В третий — 100 мл раствора В и 50 мл раствора азотнокислого кадмия. В каждый из трех измерительных цилиндров поместить смесь: 20 мл раствора А и 20 мл раствора Б. Затем, по возможности быстро перелить приготовленную смесь поочередно во все три стакана. Через 1—2 мин жидкость в первом стакане внезапно становится красной, во втором стакане — синей, а в третьем стакане выпадает белый осадок в виде снежных хлопьев.

ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ОТ ПРИРОДЫ РЕАГИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

О п ы т 77

Взаимодействие металлов с соляной кислотой



Подготовка. Раствор соляной кислоты (1: 3). Гранулированные цинк и олово. Крупные стружки или кусочки магния. Высокие цилиндры. Черный экран.

Магний при взаимодействии с кислотой всплывает на поверхность, поэтому его следует утяжелить. Можно привязать, например, пучок стружек магния к концу стеклянной палочки и палочку опустить в цилиндр.

Выполнение. Наполнить три цилиндра почти доверху раствором соляной кислоты. Затем бросить металлы: в первый цилиндр — олово, во второй — цинк и в третий — магний. Различная интенсивность выделения пузырьков водорода наглядно демонстрирует разницу в скорости взаимодействия металлов с одной и той же кислотой.

Примечание. Ряд аналогичных опытов можно выбрать из других разделов книги. Например, взаимодействие Li, Na, K с водой (см. стр. 202).

ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ПОВЕРХНОСТИ РЕАГИРУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА

О п ы т 78

Окисление железа кислородом воздуха

Подготовка. Крупные стружки или полоски железа. Железо в виде порошка. Пирофорное железо.

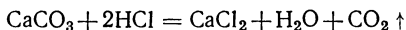
Для приготовления пирофорного железа внести в небольшую пробирку немного оксалата железа (не более 1/5 объема пробирки). Поместить пробирку в горизонтальное положение и осторожно нагревать над пламенем горелки. Соль разлагается, и на стенках пробирки конденсируются капли воды. Их следует снимать свернутым из фильтровальной бумаги жгутиком. Как только прекратится выделение газа и порошок почернеет, тотчас закрыть пробирку рези-

новой пробкой. Приготовить таким образом несколько пробирок. Одну из них использовать для проверки препарата перед лекцией, остальные поставить в штатив и сохранить для демонстрации (хранить не более нескольких часов!).

Выполнение. Взяв щипцами несколько крупных стружек железа, внести их в пламя горелки. Железо не горит! Затем взять порошок железа и с ложечки ссыпать его с некоторого расстояния в пламя горелки (горелку держать при этом в горизонтальном положении!). Железо сгорает, давая красивый сноп искр. И, наконец, потушив горелку и убавив освещение аудитории, высыпать из пробирки пиррофорное железо. Оно горит уже без нагревания. Рекомендуется взять сразу 2—3 пробирки и, открыв пробки, круговым движением руки высыпать содержимое на стол или на пол.

О п ы т 79

Взаимодействие карбоната кальция с кислотой



Подготовка. Две одинаковые навески (около 1 г) карбоната кальция: кусочки CaCO_3 и тонкий порошок (свежеосажденный). Раствор HCl (1 : 3). Два одинаковых стакана. Весы (аптекарского типа).

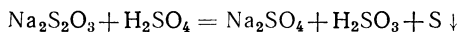
Выполнение. Положить на чашки весов приготовленные навески CaCO_3 и показать, что масса их одинакова. В стаканы налить соляной кислоты и одновременно внести в один стакан порошок, в другой — кусочки CaCO_3 .

Скорости растворения их заметно отличаются.

ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕАГИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

О п ы т 80

Взаимодействие тиосульфата натрия с кислотой



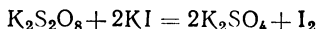
Подготовка. Раствор тиосульфата натрия (124 г соли в 1 л воды). Раствор серной кислоты (50 мл H_2SO_4 (конц.) в 1 л воды). Стаканы емкостью 300—400 мл. Мерные цилиндры. Стеклянные палочки. Метроном.

Выполнение. На лист черной бумаги поставить три одинаковых стакана. В первый стакан поместить 150 мл раствора тиосульфата, во второй стакан — 100 мл тиосульфата и 50 мл воды, в третий — 50 мл раствора тиосульфата и 100 мл воды. В мерный цилиндр налить 50 мл кислоты. Включить метроном. Взять в левую руку цилиндр и, помешивая палочкой раствор, вылить кислоту в первый стакан. Отсчитать удары метронома от начала приливания до появления заметного помутнения раствора. Затем снова отмерить кислоту и вылить во второй стакан. То же самое проделать и третий раз с самым разбавленным раствором. Сравнить время прохождения реакций.

Примечание. При демонстрации этих опытов трудно отметить момент появления осадка, так как раствор мутнеет постепенно, особенно после разбавления. Облегчает задачу полоска черной бумаги, приклеенная к противоположной стенке стакана. Отсчет времени можно заканчивать в момент исчезновения этой полоски при помутнении раствора.

О п ы т 81

Взаимодействие соли надсерной кислоты с иодидом калия



Подготовка. Раствор А: 16,6 г иодида калия и 0,02—0,03 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ растворить в 500 мл воды и прибавить затем несколько миллилитров свежеприготовленного раствора крахмала. Раствор Б: 0,025 М раствор соли надсерной кислоты. Стаканы. Мерные цилиндры. Метроном.

Выполнение. На лист белой бумаги поместить три стакана. В отдельных цилиндрах отмерить 150 мл раствора А и 150 мл раствора Б. Включить метроном. Слить содержимое цилиндров в первый стакан. Отсчитать удары метронома до появления синей окраски. Затем во второй стакан слить таким же образом 150 мл раствора А и смесь 100 мл раствора Б и 50 мл воды. И, наконец, в третий стакан — 150 мл раствора А и смесь 50 мл раствора Б и 100 мл воды. Во всех трех случаях конец реакции отмечается появлением синей окраски раствора.

ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Изменение скорости химического процесса при повышении температуры можно показать, используя реакции, описанные в опытах 77, 80, 81.

О п ы т 82

Взаимодействие тиосульфата натрия с кислотой

В один стакан налить 100 *мл* раствора тиосульфата натрия и 50 *мл* воды, в другой — 50 *мл* раствора серной кислоты (см. опыт 80). Нагреть растворы в обоих стаканах на 10—20° выше комнатной температуры. Затем, включив метроном, слить оба раствора в подготовленный заранее стакан. Прodelать этот же опыт при комнатной температуре и сравнить время прохождения реакций.

О п ы т 83

Взаимодействие персульфатов с иодидом калия

В один стакан поместить 100 *мл* раствора иодида калия, а в другой — 100 *мл* раствора соли надсерной кислоты (растворы А и Б в опыте 81). Нагреть растворы до температуры на 15—20° выше комнатной. Синяя окраска появляется почти мгновенно. Затем проделать этот же опыт при комнатной температуре.

О п ы т 84

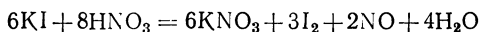
Взаимодействие цинка с кислотой

Соляную кислоту (1 : 3) поместить в два стакана. Один раствор нагреть. В горячий и холодный растворы кислоты бросить по несколько кусочков цинка.

Скорости выделения пузырьков водорода будут заметно различаться.

О п ы т 85

Окисление иодида калия азотной кислотой



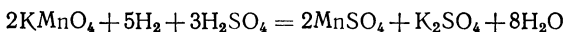
Подготовка. Раствор иодида калия (8—9 г соли на 100 мл воды). Раствор азотной кислоты (1 : 3). Стаканы емкостью 400—500 мл. Белый экран.

Выполнение. В стаканы налить одинаковые количества (примерно по 100 мл) азотной кислоты. Один раствор оставить при комнатной температуре, другой нагреть примерно до 80° С. Затем поставить стаканы рядом и к каждому раствору прибавить по 40 мл раствора KI. В одном стакане раствор приобретает желтую окраску. В другом идет бурная реакция, стакан заполняется фиолетовыми парами.

ВЛИЯНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НА СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

О п ы т 86

Восстановление перманганата калия водородом в момент выделения



Эта реакция идет медленно. Введение катализатора (KNO_3) заметно ускоряет процесс.

Подготовка. Раствор KMnO_4 (темно-розового цвета), раствор серной кислоты (1 : 3), концентрированный раствор KNO_3 . Гранулированный цинк. Стакан и два высоких цилиндра емкостью 200—300 мл. Белый экран.

Выполнение. В большой стакан налить раствор KMnO_4 и подкислить его таким количеством кислоты, чтобы помещенный в раствор цинк реагировал с заметным выделением водорода (количество кислоты установить заранее). Развить приготовленный раствор в два цилиндра и бросить в них по несколько кусочков цинка. Когда начнется заметное выделение пузырьков водорода, в один из цилиндров внести несколько капель концентрированного раствора KNO_3 . Примерно через 0,5 мин произойдет обесцвечивание раствора. В другом цилиндре это произойдет только через 5—10 мин.

О п ы т 87

Окисление индиго в изатин перекисью водорода

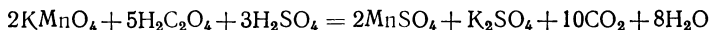
Эта реакция протекает крайне медленно. Катализирует процесс соль Fe (II).

Подготовка. Раствор перекиси водорода (3—5%-ный). Соль Мора. Раствор индиго (около 0,1 г индиго растворить в небольшом количестве концентрированной серной кислоты и вылить в воду; после охлаждения раствор слить в склянку).

Выполнение. К раствору перекиси водорода прибавить раствор индиго до светло-синего окрашивания. Затем разлить раствор в два стакана. В один из них бросить кристаллы соли. Раствор мгновенно обесцвечивается. Второй остается без изменения.

О п ы т 88

Взаимодействие перманганата калия с щавелевой кислотой



Процесс протекает при комнатной температуре медленно. Ускоряют эту реакцию ионы Mn (II).

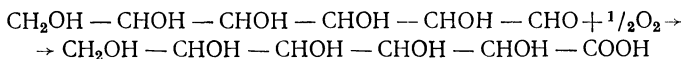
Подготовка. Раствор перманганата калия (розовый). Раствор щавелевой кислоты (1 M). H_2SO_4 (1 : 3). Кристаллы MnSO_4 . Стаканы.

Выполнение. Смесь растворов KMnO_4 , щавелевой кислоты и серной кислоты разлить в два стакана. В один из них бросить кристаллик MnSO_4 . Раствор мгновенно обесцвечивается. Обесцвечивание второго раствора происходит через несколько минут.

О п ы т 89

Окисление глюкозы кислородом воздуха в присутствии метиленового синего

Глюкоза в слабощелочном растворе медленно окисляется кислородом в глюконовую кислоту.



Метиленовый синий ускоряет этот процесс, выполняя роль передатчика кислорода. Окисляя глюкозу, он восстанавливается и становится бесцветным. При достаточном доступе воздуха метиленовый синий быстро окисляется и вновь приобретает синюю окраску. При стоянии глюкоза его восстанавливает, и окраска исчезает. Процесс в разбавленных растворах идет при 40—60° С. В более концентрированных растворах он может проходить и при комнатной температуре.

Опыт выглядит очень эффектно, особенно если объяснения будут даны уже после окончания демонстрации.

Подготовка. Раствор глюкозы (9 г глюкозы в 500 мл воды). Раствор должен быть свежеприготовленным. Раствор щелочи (1 г NaOH в 500 мл воды). Метиленовый синий. Колба коническая емкостью 800—1000 мл. Электрическая плитка.

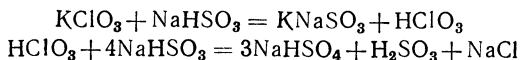
Выполнение. В коническую колбу внести 200 мл раствора щелочи и маленький кристаллик метиленового синего. Взбалтывая раствор, добиться полного растворения красителя. Цвет раствора должен быть светло-синим. Теперь внести в колбу 100 мл раствора глюкозы. Раствор не размешивать, колбу поставить на электрическую плитку и внимательно следить за ней. Как только раствор обесцветится (при температуре примерно 50—60° С), колбу тотчас снять, осторожно, не встряхивая, поставить на лист белой бумаги и продемонстрировать отсутствие окраски. Затем колбу сильно взболтать. Раствор неожиданно становится синим. Поставить колбу на бумагу, и синий цвет раствора быстро исчезает. При взбалтывании он снова возвращается и при стоянии исчезает и т. п. При остывании раствора скорость процессов уменьшается.

При нагревании колбы важно не пропустить момент обесцвечивания. Опыт хорошо идет при температуре 40—60° С. В перегретых растворах (выше 70°) глюкоза быстро окисляется, и раствор приобретает ярко-желтую окраску.

Примечание. Этот опыт можно демонстрировать и без нагревания при комнатной температуре. В этом случае нужно приготовить более концентрированный раствор. В 250 мл воды растворить 5 г NaOH и, когда раствор охладится, внести 8 г глюкозы и крупинку метиленового синего. Исчезновение и появление при взбалтывании синей окраски будет происходить медленнее и менее четко, чем в теплых растворах.

О п ы т 90

Автокатализ. Взаимодействие хлората калия с раствором бисульфита натрия



Появление NaHSO_4 и H_2SO_3 вызывает выделение пузырьков сернистого газа и повышение кислотности раствора. Так как последнее благоприятствует образованию HClO_3 , процесс окисления бисульфита начинает протекать интенсивнее, что приводит к дальнейшему накоплению продуктов реакции и бурному выделению сернистого газа.

Подготовка. Насыщенный при комнатной температуре раствор бисульфита (можно пиросульфит $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$). Кристаллический KClO_3 . Бокал или коническая мензурка емкостью 250—300 мл. Кристаллизатор.

Выполнение. В бокал, поставленный в кристаллизатор, внести около 1—2 г KClO_3 и приблизительно до половины высоты бокала раствора бисульфита натрия. Вначале не наблюдается никакой реакции. По истечении некоторого времени (30—60 сек) начинают выделяться отдельные пузырьки газа, затем количество их сильно возрастает, и наступает бурная реакция со вскипанием и выбрасыванием жидкости из бокала в кристаллизатор (бокал тотчас же отнести под тягу!).

О п ы т 91

Каталитическое окисление аммиака на поверхности окиси хрома

Подготовка. Концентрированный раствор аммиака. Cr_2O_3 в виде порошка (получение Cr_2O_3 см. в опыте 58). Большая колба емкостью 3 л. Железная ложечка.

Выполнение. В колбу влить 10—15 мл концентрированного раствора аммиака. Данным раствором тщательно смочить стенки колбы и остаток из колбы вылить. Окись хрома положить на железную ложечку и сильно прокалить, а затем небольшими порциями сбрасывать в колбу с аммиаком. Каждая порция окиси дает красивый сноп искр, и отдельные искры долго видны внутри колбы.

О п ы т 92

Каталитическое окисление ацетона на поверхности меди

Подготовка. Ацетон. Медная пластинка или медная спираль. Жаростойкий стакан емкостью 600—700 мл. Щипцы.

Выполнение. В стакан поместить немного ацетона. Высота слоя ацетона должна быть не более 2—3 см (склянку с ацетоном убрать!). Сильно нагреть медную пластинку в пламени горелки (до красна), затем быстро опустить ее в стакан и держать над слоем ацетона. Пластинка вновь раскаливается! В затемненной аудитории можно наблюдать красивый мерцающий свет, связанный с образованием окисной пленки на поверхности меди. Ацетон в стакане обычно не воспламеняется.

Примечание. Если пластинка меди не раскаливается в парах ацетона, нужно стакан с ацетоном перед опытом ненадолго опустить в горячую воду (без огня!) и нагреть ацетон на 4—5° выше комнатной температуры.

О п ы т 93

Каталитическое горение сахара

Подготовка. Кусочек сахара. Папироса с пеплом. Соль лития. Керамическая пластинка. Щипцы.

Выполнение. Кусочек сахара внести в пламя горелки (горелку при этом держать в горизонтальном положении). Сахар чернеет, плавится и каплями стекает на пластинку. Теперь вынуть сахар из пламени и на его поверхность нанести немного пепла папиросы (или соли лития) и слегка растереть пальцем. Затем вновь внести сахар в пламя горелки. Сахар горит, давая небольшой, но заметный язычок пламени.

О п ы т 94

Замедление скорости реакции ингибитором (взаимодействие железа с кислотой)

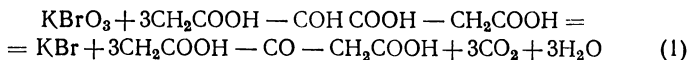
Подготовка. Очищенные от окислов железные гвозди или железные стружки. Соляная кислота (1 : 2). Формалин (40%-ный раствор). Два цилиндра. Черный экран.

Выполнение. В цилиндры с кислотой опустить приготовленное железо. Когда выделение пузырьков водорода делается заметным, внести в один цилиндр 1—2 мл формалина. Скорость выделения водорода заметно уменьшается. Формалин является ингибитором для этой реакции.

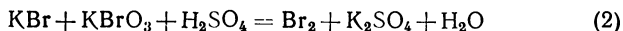
О п ы т 95

Взаимодействие бромата калия с лимонной кислотой в присутствии соли церия

Этот опыт, связанный со скоростью протекания химических реакций, демонстрирует так называемый «мерцающий процесс». Жидкость в стакане в ходе химических реакций становится то желтой, то бесцветной через короткие промежутки времени. Получаются «химические часы». Подготовка опыта не сложна, но сам процесс имеет сложный характер*. Бромат калия окисляет лимонную кислоту в кислой среде в присутствии соли церия в ацетондикарбоновую кислоту:



Реакция (1) идет медленно. Далее идут более быстрые реакции:



Получающийся бром идет на бромирование ацетондикарбоновой кислоты, и количество ионов брома вследствие этого увеличивается, но ацетондикарбоновая кислота быстро исчезает вследствие малой скорости ее образования (1). Поэтому наступает момент взаимодействия бромидов с броматом (2) с видимым выделением брома. Далее бром расходуется на реакцию окисления Ce (III) → Ce (IV). После исчезновения брома и ионов Ce (III) в растворе остаются взятые в избытке бромат калия, лимонная кислота, а также катализирующие процесс ионы Ce (IV). В этом случае реакции (1) и (2) пойдут снова и будут повторяться до тех пор, пока не израсходуется один из исходных продуктов реакционной смеси.

* Белоусов Б. П. Сборник рефератов по радиационной медицине. Медгиз, 1959, стр. 145.

Подготовка. Раствор лимонной кислоты (40 г кислоты в 160 мл воды). Отдельные навески: 16 г KBrO_3 и 3—3,5 г $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$. Серная кислота (1 : 3). Стакан на 350—400 мл.

Выполнение. Раствор лимонной кислоты нагреть примерно до 40—50° С, а затем высыпать навеску бромата калия и размешать палочкой. После растворения KBrO_3 стакан поставить на лист белой бумаги и внести приготовленную заранее навеску соли церия, а также несколько миллилитров разбавленной серной кислоты. Сразу же начинается чередование окрасок: желтый — бесцветный — желтый и т. д., которое длится всего 1—2 мин. Если чередование окрасок будет происходить не четко, нужно слегка подогреть раствор.

ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ НА СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ (ФОТОРЕАКЦИИ)

О п ы т 96

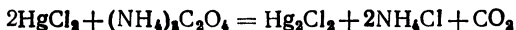
Взаимодействие нитропруссиды натрия с тиомочевинной

Подготовка. Раствор нитропруссиды натрия (5%-ный). Раствор тиомочевины (0,5%-ный). Насыщенный раствор NaHCO_3 . Стаканы. Лампа на 300—500 вт.

Выполнение. Равные объемы (по 50—60 мл) всех трех приготовленных растворов слить в стакан и перемешать. Затем разделить раствор на две части. Одну поставить под яркий свет. Толщина освещаемого слоя раствора не должна быть более 4—5 см. Через 1—2 мин раствор становится синим. Другая неосвещенная часть раствора не меняет окраски.

О п ы т 97

Взаимодействие оксалата аммония с солями ртути



Подготовка. Раствор оксалата аммония (4%-ный). Раствор HgCl_2 (4%-ный). Стаканы. Источник света (лучше ртутная лампа).

Выполнение. Смешать равные количества приготовленных растворов и разделить на две части. Одну поставить под источник яркого света. Через 2—3 мин раствор мутнеет. Другая часть раствора остается без изменения.

О п ы т 98

Роль диффузии в процессе растворения

Процесс растворения тесным образом связан с диффузией. Благодаря малой скорости диффузии в растворах, процесс растворения протекает очень медленно. Ускорение диффузии создается перемешиванием раствора. Имея в виду, что плотность раствора больше плотности растворителя, можно добиться быстрого растворения без перемешивания, поместив вещество в верхнем слое растворителя.

Подготовка. Кристаллические соли: KMnO_4 , KNO_3 . Два цилиндра, один емкостью 250 мл, другой емкостью 1000 мл. Воронка с припаянной к ней длинной трубкой. Белый экран.

Небольшое количество кристалликов KMnO_4 положить на кусочек марли, завязать ниткой в узелок и подвесить к отрезку стеклянной палочки. Один цилиндр наполнить доверху водой. Для другого цилиндра (емкость 250 мл) приготовить концентрированный раствор KNO_3 и сильно подкрасить его раствором перманганата. В цилиндр налить воду (до 1/3 объема), а затем через воронку с длинной трубкой, доходящей до дна цилиндра, осторожно влить раствор KMnO_4 . Образуются два слоя. Не вынимая воронки (при известном навыке воронку можно вынуть, не перемешав слой), вынести цилиндр на демонстрационный стол.

Выполнение. Поставив цилиндр с двумя слоями перед экраном, наблюдать в течение всей лекции медленную диффузию KMnO_4 . Теперь поставить перед экраном другой цилиндр с водой. Поместив палочку на краях цилиндра, опустить подготовленный узелок с кристаллами KMnO_4 в верхний слой воды. Хорошо видно, как раствор темными зигзагами опускается на дно цилиндра. Через несколько секунд вся вода равномерно окрасится в фиолетовый цвет.

Влияние нагревания на скорость диффузии

Подготовка. Два стакана одинаковой емкости 700—800 мл. Два отрезка стеклянной трубки (диаметр около 1,5 см и длина несколько больше высоты стакана). Колба с нагретой почти до кипения водой. Крупные кристаллы $K_2Cr_2O_7$ или какой-либо другой окрашенной соли.

Выполнение. Один стакан наполнить почти доверху холодной водой, другой — горячей водой. Стаканы поставить перед белым экраном и ввести в них трубки. Трубка должна отстоять от дна стакана на 1—2 см. Укрепить трубки в таком положении. Теперь бросить в трубки по крупному кристаллу соли. Кристалл тяжелее воды и, проходя по трубке, будет падать на дно стакана. Однако через несколько минут можно увидеть, как окраска поднимается по стакану и в конце концов равномерно распределяется по всему объему жидкости. В стакане с горячей водой это происходит заметно быстрее, так как молекулы горячей воды движутся с большей скоростью.

О п ы т 100

Диффузия брома в растворах

Подготовка. Цилиндр с притертой пробкой емкостью 250 мл. Пипетка с грушей. Бромная вода. Четыреххлористый углерод.

В цилиндр поместить около 50 мл CCl_4 . Один объем бромной воды в стакане разбавить 2—3 объемами воды. Этот раствор, пользуясь пипеткой с грушей, осторожно вносить по стенкам цилиндра на слой четыреххлористого углерода, пока он не заполнит весь цилиндр. Затем закрыть цилиндр пробкой и тотчас, не размешивая, вынести на демонстрационный стол.

Выполнение. Поставить цилиндр перед белым экраном. Примерно через 10—12 мин бесцветный слой CCl_4 приобретает бледно-желтую окраску. Через 30—40 мин окраска обоих слоев становится одинаковой. К концу лекций слой CCl_4 окрашивается бромом более интенсивно, чем водный слой. Равновесие устанавливается только на следующий день.

Зависимость растворимости от температуры

Подготовка. Соли: KNO_3 , KI , $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$. Две колбы емкостью около 1,5 л. Черный экран. Лампа с рефлектором.

В одной колбе приготовить насыщенный при температуре $70\text{--}80^\circ\text{C}$ раствор нитрата калия (около 400 г KNO_3 в 500 мл воды). В другой колбе получить насыщенный приблизительно при той же температуре раствор PbI_2 . Для этого сначала в небольшом стакане получить осадок PbI_2 сливанием растворов ацетата свинца (или нитрата свинца) и иодида калия. Дать осадку отстояться и слить с него жидкость. В большую колбу налить около 1 л горячей воды, подкисленной несколькими каплями уксусной или азотной кислоты. Часть осадка перенести в колбу и продолжить нагревание. Добавляя PbI_2 (или воду), получить при нагревании до $70\text{--}80^\circ\text{C}$ прозрачный бесцветный раствор. Обе колбы с горячими растворами перенести на демонстрационный стол.

Выполнение. Колбы поставить перед черным экраном и осветить лампой. При медленном охлаждении растворов происходит кристаллизация KNO_3 в форме красивых длинных призм, а PbI_2 в виде желтых листочков, которые, отражая при своем падении свет, образуют золотой дождь. Эти «золотые» кристаллы особенно красиво выглядят при легком вращении колбы.

Примечание. Колбу с кристаллами KNO_3 , закрыв пробкой, можно сохранить для дальнейших демонстраций. Иодид свинца сохранить нельзя — он при длительном стоянии разлагается. Для приготовления насыщенных растворов можно использовать и многие другие вещества: например, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, PbCl_2 , борную кислоту, бензойную кислоту. Все они легко растворяются в горячей воде и при охлаждении дают красивые кристаллические осадки.

Пересыщенные растворы

Подготовка. Кристаллические соли: $\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Две колбы емкостью около 2,5 л. Черный экран.

Для приготовления пересыщенных растворов в одну колбу поместить 800 г ацетата натрия и 500 мл воды, в другую — 600 г сульфата натрия и 500 мл воды. Колбы поставить на водяные бани и нагревать до тех пор, пока не растворится вся соль. Если раствор окажется мутным, его следует профильтровать в горячем состоянии (на воронке с подогреванием) через складчатый фильтр или комок ваты. Профильтрованный раствор нагреть до кипения и кипятить несколько минут, чтобы конденсирующаяся в горле колбы вода смыла с внутренней поверхности остатки раствора. Полученный прозрачный раствор медленно и осторожно, оберегая от толчков, охладить. Горло колбы закрыть комком ваты. Охлажденные растворы можно сохранять длительное время.

Выполнение. Поставить колбы перед черным экраном. Открыв их, бросить по одному кристаллику соответствующей соли. Кристаллик, попадая в раствор, вызывает начало кристаллизации, которая быстро распространяется по всему объему раствора. Можно отметить разогревание раствора при этом процессе. Для этого прежде чем вызвать кристаллизацию прикоснуться шариком демонстрационного термометра (или дном пробирки термоскопа) к сухой соли, а затем вместе с кристалликом погрузить в пересыщенный раствор. Теперь можно наблюдать кристаллизацию соли и тепловой эффект этого процесса.

О п ы т 103

Взаимная растворимость эфира и воды

Во время выполнения опыта поблизости не должно быть огня! Ввиду огнеопасности эфира обращаться с ним следует очень осторожно.

Подготовка. Диэтиловый эфир. Сульфат меди (безводный). Раствор индиго. Делительная воронка емкостью около 250 мл. Два небольших стакана. Пробирка с держателем.

Выполнение. В делительную воронку поместить слой подкрашенной индиго воды и несколько меньший слой эфира. Слои резко отделяются друг от друга, и их хорошо видно. Закрыв воронку пробкой, жидкости энергично встряхнуть. Затем открыть пробку и закрепить воронку

в лапке штатива. Снова появляются два слоя. Но теперь нижний слой представляет собой насыщенный раствор эфира в воде (около 7%), а верхний слой — насыщенный раствор воды в эфире (около 1,2%). Оба раствора осторожно разлить в разные стаканы. Присутствие эфира в водном (нижнем) слое может быть доказано нагреванием небольшого количества жидкости. Для этого отлить часть жидкости из стакана в пробирку.

Нагревание пробирки проводить в безопасном месте — на другом конце стола. Выделяющиеся пары эфира при поджигании загораются. Присутствие воды в эфирном слое можно обнаружить, добавляя в стакан (куда был слит этот слой) немного обезвоженного сульфата меди. Соль синее вследствие образования кристаллогидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

О п ы т 104

Взаимная растворимость фенола и воды

Влияние температуры на растворимость жидкостей особенно заметно для системы фенол — вода. Ниже 68°C оба вещества ограниченно растворимы друг в друге и образуют два слоя. Выше этой температуры слои исчезают и образуется прозрачный раствор.

Подготовка. Для демонстрации приготовить большую (емкость около 40 мл) запаянную пробирку со смесью воды и фенола. Эта пробирка в дальнейшем может служить для многократных демонстраций опыта.

В пробирку внести чистый фенол (цвет его не должен быть темным) и равный объем воды (всего не более $\frac{2}{3}$ объема пробирки). Проверить растворимость и образование при охлаждении эмульсии в открытой пробирке, а затем ее запаять. Поставить пробирку в стеклянный цилиндр и хранить для демонстрации.

Выполнение. Пробирку поместить в стакан с теплой водой. Стакан поставить на сетку и постепенно нагревать. При температуре около 70°C (термометр!) жидкость становится прозрачной. Перенести пробирку в цилиндр. При охлаждении жидкость делается мутной. Два слоя образуются только при длительном стоянии.

Примечание. С фенолом обращаться осторожно — руками не трогать. Он вызывает на коже ожоги!

Трехслойная жидкость

Подготовка. Метиловый спирт *n*- или *m*-Ксилол. Кристаллические соли: CuSO_4 , K_2CO_3 . Цилиндр с притертой пробкой (емкость около 1 л). Колба.

В колбу поместить равные объемы метилового спирта и воды. Сюда же насыпать карбоната калия в количестве, достаточном для высаливания спирта. При размешивании жидкости получаются два слоя. Теперь прибавить несколько кристалликов CuSO_4 (для окрашивания водного слоя) и сильно взболтать. Закрыть колбу пробкой и дать отстояться жидкости в течение нескольких часов. После этого жидкость слить с осадка, отфильтровать и поместить в цилиндр. Затем налить туда же *n*-ксилол, подкрашенный красителем (судан III).

В цилиндре получается три слоя: верхний — красный слой ксилола, затем бесцветный слой метилового спирта, и, наконец, окрашенный в голубой цвет водный слой. Закрыть цилиндр пробкой и залить парафином. Если трехслойную жидкость приготовили в пробирке, то ее рекомендуется запаковать. Она может служить для демонстрации в течение нескольких лет.

Выполнение. Цилиндр (или пробирку) сильно встряхнуть и, поставив перед белым экраном, наблюдать эффектное разделение жидкости на три слоя.

О п ы т 106

Уменьшение объема при растворении

Изменение объема при растворении связано с изменением структуры растворителя под влиянием растворенного вещества.

Подготовка. Спирт этиловый. Вода, подкрашенная красителем. Длинная стеклянная трубка (диаметр около 12 мм). Маленькая воронка. Белый экран.

Из стеклянной трубки изготовить запаянную с одного конца трубку длиной 1,5—2 м. Примерно на середине трубки нанести метку восковым карандашом или при помощи резинового кольца. До этой метки наполнить трубку подкрашенной водой. Закрыв резиновой пробкой, укре-

пить трубку в штативе. Верхнюю часть трубки снабдить еще двумя метками — передвижными резиновыми кольцами.

Выполнение. Снять пробку, вставить воронку и, слегка наклонив трубку, налить спирт (приблизительно столько же, сколько было воды). Отметить уровень резиновым кольцом. Плотнo вставить пробку и, перевернув два раза трубку, перемешать жидкости. Поставить трубку снова в вертикальное положение и отметить уровень вторым резиновым кольцом. На белом фоне отчетливо видно уменьшение объема.

При комнатной температуре 50 мл воды и 54 мл спирта образуют раствор, занимающий объем 100 мл.

О п ы т 107

Увеличение объема при растворении

Подготовка. Нитрометан. Спирт этиловый, подкрашенный красителем (фуксин). Длинная стеклянная трубка с пробкой. Воронка. Белый экран.

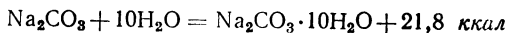
В трубку до метки налить нитрометан, закрыть пробкой и укрепить в штативе.

Выполнение. То же, что и в предыдущем опыте. Но в этом случае будет наблюдаться не уменьшение, а увеличение объема. Надо иметь в виду, что при смешении нитрометана со спиртом происходит заметное понижение температуры раствора. Поэтому, чтобы увеличение объема было хорошо заметно, важно, чтобы жидкости после смешения приняли комнатную температуру.

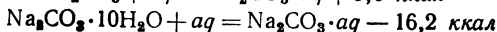
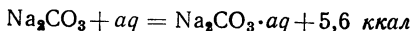
О п ы т 108

Теплота гидратации соли

Теплота гидратации соли определяется по разности теплот растворения безводной соли и ее кристаллогидрата. Например, для карбоната натрия можно написать следующие термохимические уравнения:



так как



Последние тепловые эффекты (экзо- и эндо-) можно показать при помощи термоскопа.

Подготовка. Сода безводная Na_2CO_3 . Кристаллогидрат $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Два стакана емкостью 300—400 мл. Термоскоп.

Выполнение. В стакан налить немного воды и, погрузив в нее колбочку термоскопа (см. опыт 61), внести несколько ложек безводной соли. Растворение идет с выделением тепла. После этого, подняв лапку штатива с термоскопом, заменить стакан на другой. Снова налить воды, опустить термоскоп, сравнять уровни жидкости в манометре и на этот раз внести кристаллическую соль $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Теперь растворение происходит с заметным поглощением тепла.

О п ы т 109

Состояние вещества в растворе в зависимости от полярности растворителя

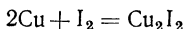
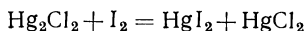
Подготовка. Иод (мелкорастертые кристаллы). Спирт. Бензол. Четыреххлористый углерод. Три цилиндра с притертыми пробками (емкость 200—250 мл). Белый экран.

Выполнение. В цилиндры поместить одинаковые объемы растворителей. В один цилиндр налить спирт, в другой — бензол, в третий — CCl_4 . Затем в каждый внести несколько кристалликов иода (по возможности одинаковые количества). Закрыть цилиндры пробками и жидкости встряхнуть. После растворения оказывается, что в первом цилиндре получается желто-коричневый раствор (окраски не должны быть темными), во втором — желтовато-фиолетовый и в третьем — фиолетовый (белый фон!). Коричневая окраска раствора иода указывает на сильную сольватацию растворенных молекул, в то время как фиолетовая окраска раствора — на незначительную сольватацию молекул иода в бензоле и еще меньшую в растворе CCl_4 .

Примечание. Перед опытом полезно напомнить окраску паров иода. В большой пробирке или колбе нагреть немного иода. Цвет его паров покажет, что в молекулярном состоянии иод имеет фиолетовую окраску.

Химическая активность коричневого и фиолетового растворов иода

Фиолетовые растворы иода содержат молекулярный иод, а коричневые растворы — сольваты иода химически более активные. Это можно показать на примере взаимодействия иода с хлоридом ртути (I) или металлической медью:



Подготовка. Раствор иода в CCl_4 (фиолетовый). Раствор иода в спирте (коричневый). Каломель Hg_2Cl_2 . Свежевостановленная медь (в порошке). Два цилиндра с притертыми пробками.

Выполнение. В цилиндры поместить растворы иода. Затем в каждый цилиндр внести небольшое количество Hg_2Cl_2 . Закрыть цилиндры пробками и сильно встряхнуть. Коричневый раствор обесцвечивается через 10 сек, а фиолетовый — только через 3—4 мин. Медь реагирует с растворами иода медленнее. В коричневом растворе при частом встряхивании реакция проходит через 1—2 мин, а в фиолетовом растворе — через 20—25 мин.

О п ы т 111

Давление пара над растворами. Закон Рауля (вариант I)

Подготовка. Ацетон. Насыщенный раствор хлорида лития в ацетоне. Фуксин (для подкрашивания жидкости). Два небольших стакана. Две воронки. Белый экран. Прибор, изображенный на рис. 9, состоит из двух одинаковых пробирок емкостью около 25 мл, в которые на шлифах вставляются длинные стеклянные трубки (диаметр 0,6—0,7, длина 70—80 см). Трубки доходят почти до дна пробирок. В верхней части пробирок имеются метки, находящиеся на одинаковых уровнях.

Пробирки, укрепленные в деревянной крышке, вставить в батарейный стакан. Стакан перед демонстрацией

наполнить горячей водой (около 60°C). Растворитель и раствор приготовить отдельно в небольших стаканах. Для удобства наблюдения обе жидкости подкрасить фуксином. Существенно, чтобы пробирки и трубки были тщательно высушены.

Выполнение. Одну пробирку наполнить точно до метки ацетоном, другую (тоже до метки) раствором LiCl в ацетоне. Вставить в пробирки стеклянные трубки и, укрепив пробирки в крышке-держателе, опустить в батарейный стакан с теплой водой. Поставив прибор перед белым экраном, наблюдать за подъемом уровней жидкости в трубках. Уровень растворителя в трубке установится на несколько сантиметров выше уровня раствора.

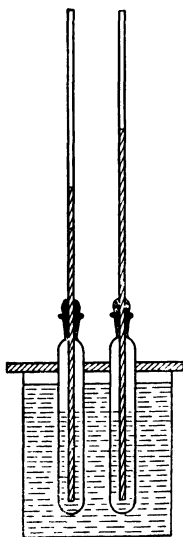


Рис. 9. Прибор для демонстрации закона Рауля (вариант I)

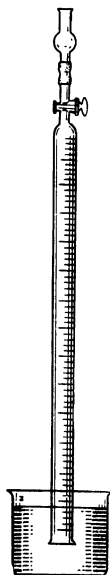


Рис. 10. Прибор для демонстрации закона Рауля (вариант II)

ном, наблюдать за подъемом уровней жидкости в трубках. Уровень растворителя в трубке установится на несколько сантиметров выше уровня раствора.

Примечание. Для выполнения опыта следовало бы приготовить насыщенный раствор LiCl в ацетоне на демонстрационном столе. Однако этот процесс занимает много времени и его приходится проводить до лекции.

О п ы т 112

Давление насыщенного пара над растворами. Закон Рауля (вариант II)

Подготовка. Эфир. Раствор толуола в эфире (1 объем толуола в 4 объемах эфира). Прибор изображен на рис. 10.

Наполнить подкрашенной водой две бюретки на 50 мл и перевернуть каждую в стакан с водой, как показано на рис. 10. На каждую бюретку надеть при помощи отрезка резиновой трубки пустую хлор-кальциевую трубку. Через кран пропустить в каждую бюретку 15 мл воздуха.

Выполнение. Поместить 5 мл эфира в хлор-кальциевую трубку над одной из бюреток. Медленно спустить небольшую порцию (около 2 мл) через кран: уровень жидкости

в бюретке будет понижаться примерно на 20—25 мл. Спустя минуту ввести в бюретку остаток эфира. Дальнейшее понижение уровня жидкости не происходит. Поместить в другую хлор-кальцевую трубку 5 мл раствора толуола в эфире и поступить так же, как сказано выше.

Сравнить понижение уровня жидкости в обоих случаях.

В этом опыте не принимается во внимание давление паров толуола.

О п ы т 113

Осмотическое давление водного раствора сахара

Подготовка. Концентрированный раствор сахара, подкрашенный фуксином. Батарейный стакан. Ячейка для осмоса (рис. 11).

В качестве ячейки можно использовать небольшой стеклянный колокол (или склянку с отрезанным дном). Одним из удобных материалов для приготовления полупроницаемой перегородки является целлофан. Целлофановую бумагу туго натянуть на отверстие ячейки, плотно прижимая края бумаги к внешней стороне стенок. Затем целлофан укрепить несколькими витками тонкого шнура или кольцом из лейкопласта. Перед подготовкой опыта рекомендуется целлофановую перегородку размочить, опустив ячейку в стакан с водой. На резиновой пробке в ячейку вставить длинную и тонкую (диаметр 0,6—0,7, высота 50—60 см) стеклянную трубку (см. рис. 11). При помощи корковой пробки ячейку укрепить в крышке стакана или в лапке штатива. Стакан наполнить водой. Вынув трубку, ячейку погрузить в воду и наполнить до краев подготовленным заранее раствором сахара. Затем вставить трубку, следя за тем, чтобы в ячейке не осталось ни одного пузырька воздуха. Через короткое время жидкость начинает подниматься по трубке вверх.

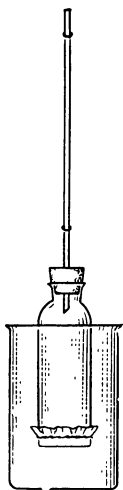


Рис. 11. Прибор для демонстрации осмотического давления

Выполнение. Прибор поставить перед белым экраном (или к трубке прикрепить длинную полоску белой бумаги). Резиновым кольцом отметить начальный уровень жидкости. В течение учебного часа получается заметный подъем уровня жидкости.

О п ы т 114

«Силикатный сад»

Перегородки, проницаемые для воды, но непроницаемые для растворенного вещества можно приготовить искусственно, используя для этой цели раствор силиката натрия и соли Fe, Co, Ni, Cu и некоторых других металлов. Наиболее эффектно это явление можно показать при помощи проекционного фонаря. Если опыт проводить на демонстрационном столе без проекции, то рекомендуется использовать хлориды железа и кобальта. Их кристаллы растут быстрее кристаллов других солей.

Подготовка. Раствор $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (10%-ный). Раствор HCl (1:3). Кристаллические соли FeCl_3 , $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Стакан емкостью около 500 мл.

Выполнение. В стакан налить 300—400 мл раствора силиката натрия и 50—60 мл соляной кислоты. Затем, поставив стакан против белого фона и хорошо осветив лампой, бросить в раствор крупные кристаллы хлоридов кобальта и железа. Тотчас начинается рост различных по форме и окраске причудливых «растений». Особенно быстро растут в этом растворе кристаллы (или комочки) FeCl_3 .

КОЛЛОИДНЫЕ РАСТВОРЫ

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Ввиду исключительно высокой степени дисперсности вещества для коллоидных растворов характерны все явления, происходящие на поверхности раздела двух фаз, особенно процессы поглощения на поверхности (адсорбция).

Образование золя гидроокиси железа и его коагуляция

Положительно заряженные частицы золя гидроокиси железа коагулируют под влиянием многозарядных отрицательных частиц, например, ионов SO_4^{2-} , HPO_4^{2-} и др.

Подготовка. Растворы солей FeCl_3 , Na_2SO_4 . Стакан с горячей водой ($80\text{--}90^\circ\text{C}$) емкостью около 2 л. Стеклянная палочка.

Выполнение. В стакан с горячей водой внести немного раствора FeCl_3 . Хлорида железа следует взять столько, чтобы окраска образовавшегося раствора напоминала цвет крепкого чая. Теперь в этот прозрачный коллоидный раствор гидроокиси железа прилить, размешивая стеклянной палочкой, несколько миллилитров раствора Na_2SO_4 (или Na_2HPO_4). Тотчас будет видно, что в растворе появляются коричневые хлопья. Через некоторое время осадок садится на дно стакана, а раствор над осадком становится бесцветным и совершенно прозрачным.

Примечание. Следует заранее установить, сколько нужно прилить раствора сульфата или фосфата натрия. Если будет добавлен избыток этого раствора, может произойти перезарядка коллоидных частиц, и раствор останется мутным: коагулирует только часть осадка.

О п ы т 116

Получение золя золота

В зависимости от размеров частиц окраска раствора золя золота меняется от голубой (грубодисперсный золь) до красной (высокодисперсный золь).

1. Получение голубого золя золота.

Подготовка. Растворы: 0,5%-ный раствор золотохлористоводородной кислоты, 1%-ный раствор солянокислого гидразина. Стакан или колба емкостью 500—750 мл.

Выполнение. К 400 мл воды прибавить 6 мл раствора HAuCl_4 , затем 2 мл раствора солянокислого гидразина. Прозрачный коллоидный раствор золота образуется сразу же; в проходящем свете он голубого цвета, в отраженном же свете сильно опалесцирует, имеет коричневатый оттенок.

2. Получение красного золь золота.

Подготовка. Растворы: 0,5%-ный раствор золотохлористоводородной кислоты, 1%-ный раствор карбоната калия, 1%-ный раствор танина. Колба коническая емкостью 500—750 *мл*. Электрическая плитка.

Выполнение. Поместить в колбу 400 *мл* воды, 4 *мл* раствора золотохлористоводородной кислоты и столько же раствора карбоната калия. Взболтать содержимое колбы и нагреть до кипения. Не прекращая кипячения и помешивая, прибавлять по каплям раствор танина до появления интенсивной красной окраски.

О п ы т 117

Золь канифоли

Подготовка. Концентрированная соляная кислота; 5%-ный раствор канифоли в метиловом спирте. Цилиндр с притертой пробкой емкостью 250—300 *мл*.

Выполнение. Влить в цилиндр воды и немного приготовленного раствора канифоли. Встряхнуть цилиндр, предварительно закрыв его пробкой. В цилиндре получается молочно-белая жидкость — коллоидный раствор канифоли. Теперь прибавить в цилиндр несколько капель соляной кислоты и снова встряхнуть. Частицы канифоли собираются в хлопья и быстро оседают на дно цилиндра.

О п ы т 118

Получение геля карбоната кальция

Осаждение малорастворимого твердого вещества в виде геля и переход из коллоидного в конечное кристаллическое состояние — часто встречающееся явление.

Подготовка. Соли CaCl_2 , $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Большая пробирка или небольшой цилиндр. Пипетка.

Приготовить 4 *М* раствор хлорида кальция (44 *г* безводной соли растворить в горячей воде, отфильтровать и прибавить воды до 100 *мл*); 2 *М* раствор карбоната натрия (57,2 *г* $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в 100 *мл* раствора).

Выполнение. Поместить в пробирку (или цилиндр) 10—12 *мл* раствора CaCl_2 . Набрать пипеткой 20—25 *мл* рас-

вора Na_2CO_3 . Опустив кончик пипетки до дна пробирки, медленно спускать раствор и одновременно осторожно поднимать пипетку вверх. Образуется прозрачный гель карбоната кальция (перевернуть пробирку!). Если гель не образовался (он образуется сразу только при известном навыке), встряхнуть пробирку. Раствор немедленно затвердевает в белый непрозрачный студень. Осторожно опрокинуть пробирку, чтобы показать, что содержимое ее застыло. Через 20—30 мин существование геля прекращается. На дне пробирки появляется белый рыхлый осадок мела.

Взять теперь указанные количества каждого из растворов, разбавить их равным объемом воды и нагреть до кипения в отдельных стаканах. После смешения горячих растворов карбонат кальция быстро оседает на дно в виде обычного осадка.

О п ы т 119

Получение геля ацетата кальция в спиртовом растворе

Подготовка. Этиловый спирт. Насыщенный раствор ацетата кальция. Стакан емкостью около 200 мл. Палочка.

Выполнение. Налить в стакан 90 мл спирта и постепенно при перемешивании прилить около 10 мл насыщенного раствора ацетата кальция. Образуется гель. Если часть геля на ложечке поднести к огню, происходит вспышка, и гель горит.

О п ы т 120

Получение устойчивой пены

Пена — коллоидное явление. Это распределение крошечных пузырьков газа в воде. Мыло и особенно сапонин, сильно изменяя поверхностное натяжение воды, придают стабильность пене.

Подготовка. Концентрированный раствор карбоната натрия. Сапонин. HCl (1:3). Большой стакан емкостью около 3 л. Стеклянная палочка.

Выполнение. В стакан поместить около 0,5 л раствора карбоната натрия. На кончике шпателя прибавить сапонин и размешать палочкой. Теперь постепенно, не прекращая размешивания, приливать соляную кислоту. В стакане растет столб пены, поднимающийся все выше и выше. Пена очень плотная: стеклянная палочка стоит в ней. В течение некоторого времени пена не оседает.

О п ы т 121

Адсорбция красителей на каолине

Сравнительная оценка величины поверхности твердого вещества может быть проведена при помощи красителей. Хорошими адсорбентами для них являются, как известно, силикагель, уголь, каолин, гидроокись алюминия и др.

Подготовка. Раствор метилового фиолетового (или метиленового синего). Крупнозернистый каолин. Цилиндр с притертой пробкой.

Выполнение. В цилиндр насыпать каолин слоем 2—3 см, добавить воды и немного раствора красителя. Количество красителя найти предварительным испытанием. Закрывать цилиндр пробкой и сильно встряхивать его содержимое в течение 20—30 сек. Затем поставить цилиндр перед белым экраном. Хорошо видно, что каолин окрашивается в фиолетовый (или синий) цвет, а жидкость над ним становится бесцветной.

О п ы т 122

Адсорбция красителей на стекле

Подготовка. Спирт, 5%-ный раствор красителя (метиловый фиолетовый или метиленовый синий), уксусная кислота (конц.). Колба (или склянка) емкостью около 1 л.

Выполнение. Раствор красителя налить в колбу и сильно взболтать, чтобы полностью смочить внутреннюю поверхность колбы. Затем краситель из колбы вылить, налить немного воды и промыть стенки колбы. Промывать колбу небольшими количествами воды до тех пор, пока промывная вода не станет бесцветной (обычно 3—4 раза). Теперь про-

мыть колбу 20 мл спирта или уксусной кислоты. Неожиданно получается раствор фиолетового (или синего) цвета. Распределение красителя между растворителем и стеклом имеет различное значение для спирта и воды.

О п ы т 123

Адсорбция паров борнометилового эфира на силикагеле

Подготовка. Борная кислота, метиловый спирт, силикагель. Стеклянная вата. Прибор, изображенный на рис. 12.

Поместить в двугорлую склянку 7—8 г борной кислоты и 25—30 мл метилового спирта. В колена U-образной трубки (диаметр около 1 см) поместить плотные комочки стеклянной ваты.

Выполнение. Отводную трубку, доходящую почти до дна склянки и опущенную в смесь борной кислоты и спирта, присоединить к газовому крану. Сильной струей газа вытеснить из прибора воздух, а затем, уменьшив ток газа, зажечь обе струи его при выходе из U-образной трубки. Каждая струя горит зеленоватым пламенем. Это окраска паров борнометилового эфира. Теперь закрыть газовый кран и поместить в одно из колен U-образной трубки силикагель слоем 10—12 см (не вынимая стеклянной ваты). Затем, вытеснив воздух, снова зажечь газ. Струя над трубкой с силикагелем горит обычным голубоватым пламенем, а над другой (без силикагеля) — зеленым.

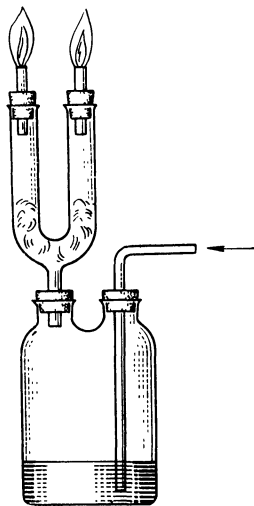


Рис. 12. Прибор для демонстрации горения борнометилового эфира

Примечание. Если необходимо показать образование борнометилового эфира, не связывая его с явлением адсорбции, опыт можно проделать в фарфоровой чашечке. Поместить в нее борную кислоту и метиловый спирт и, размешав смесь палочкой, поджечь спирт. Пламя окрашивается в зеленый цвет.

Образование поверхностной пленки

Подготовка. Мелкий порошок красителя (метиловый фиолетовый). Олеиновая кислота. Большой кристаллизатор (диаметр около 30 см) или неглубокая большая фарфоровая чашка. Стеклянная палочка.

Кристаллизатор (или чашку) тщательно вымыть и наполнить до краев водой. При переносе на демонстрационный стол не прикасаться пальцами к краям сосуда.

Выполнение. Поставить кристаллизатор на лист белой бумаги. На поверхность воды равномерно насыпать порошок краски. Крупинки краски не падают на дно, а распределяются по всей поверхности, резко выделяясь на белом фоне. Содержимое кристаллизатора кажется окрашенным в фиолетовый цвет. Теперь опустить конец стеклянной палочки в склянку с олеиновой кислотой и быстро прикоснуться им к поверхности воды. Кислота растекается, образуя тонкую пленку, а частицы краски «внезапно разбегаются» к краям кристаллизатора, обнажая бесцветную поверхность. Если внесенного количества кислоты недостаточно для образования пленки по всей поверхности, то образуется светлое пятно, вокруг которого располагаются фиолетовые частицы.

Вместо красителя в этом опыте можно использовать тальк. В этом случае при демонстрации применять черный фон.

VII. РАСТВОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ РАСТВОРОВ

О п ы т 125

Электропроводность водных растворов сахара, соли, кислоты

Подготовка. Кристаллы селитры или хлорида натрия. Кусок сахара. Спирт или ацетон. Серная кислота. Стаканы емкостью 200—250 мл. Прибор для испытания электропроводности.

Прибор для испытания электропроводности растворов можно изготовить следующим образом. На небольшой деревянной доске смонтировать штепсельную розетку, патрон с электрической лампочкой и длинный шнур, идущий к источнику электрического тока (в электрическую сеть). Для электродов подготовить длинный (около 1 м) отрезок обычного электрического провода, состоящего из двух медных проволок, скрепленных вместе изоляционным материалом. С одного конца провод на длину около 5—6 см разрезать вдоль на две отдельные изолированные проволоки. Обе проволоки на концах освободить от изоляции, тщательно зачистить и припаять к ним кусочки платиновой проволоки длиной около 2 см. Затем полученные электроды вставить в заготовленный заранее стеклянный чехол, как показано на рис. 13.

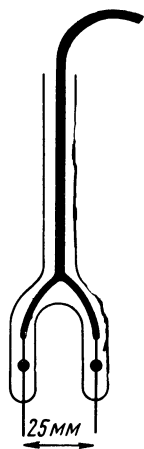


Рис. 13. Электроды для испытания электропроводности

Снизу у платиновых электродов стеклянные трубки запаять, оставив снаружи только маленькие кончики проволоки. К другому концу провода присоединить штепсельную вилку. При хранении электродов на концы с платиновыми проволоками надевать отрезки резиновых трубок со стеклянными колпачками.

Выполнение. В четыре стакана налить небольшое количество воды. На часовые стекла положить кусок сахара и кристаллик соли. Затем, присоединив доску с лампочкой к осветительной сети, вставить вилку от электродов в розетку на доске. Прикоснуться электродами к куску сахара, а затем к кристаллу соли. Лампа не загорается. Погрузить электроды в стакан с водой. Лампа не горит. Теперь поместить в один стакан с водой соль, в другой — сахар и размешать палочками. При погружении электродов в раствор соли лампа ярко загорается. Раствор сахара тока не проводит. То же показать с раствором кислоты (или щелочи) и водным раствором спирта или ацетона.

О п ы т 126

Электропроводность расплавленной соли

Подготовка. Нитрат калия (мелкорастертый). Широкий фарфоровый тигель. Электроды. Прибор для наблюдения электропроводности.

Чтобы приготовить электроды, через пробку пропустить два графитовых или железных стержня на расстоянии ок. 1 см. Прикрепить к ним электрический провод. К другому концу провода присоединить штепсельную вилку.

Выполнение. В лапке штатива укрепить пробку с электродами. В тигель поместить (не более 1/4 высоты) мелко растертые кристаллы селитры и поставить в кольцо штатива. Электроды опустить в тигель с кристаллами (почти до дна тигля) и включить ток. Лампа не горит. Нагреть дно тигля в пламени горелки. Через 1—2 мин соль расплавится (температура плавления 336°C), в цепи пойдет ток, и лампа загорится.

О п ы т 127

Электропроводность растворов хлористого водорода в воде и в толуоле

Подготовка. Два стакана емкостью 200—250 мл. Толуол. Прибор для наблюдения электропроводности. Установка для получения хлористого водорода. Хлорид натрия или аммония. Концентрированная серная кислота.

Собрать прибор для получения хлористого водорода. В колбу Вюрца поместить немного кристаллов хлорида натрия или аммония. К отводной трубке колбы присоединить отрезок сухой стеклянной трубки, согнутой под прямым углом. Перед выполнением опыта в капельную воронку поместить концентрированную серную кислоту.

Выполнение. В один стакан налить немного воды, в другой — немного толуола. Показать, что при погружении в них электродов лампочка не горит. Теперь, опустив газоотводную трубку прибора сначала в толуол, а затем в воду, пропустить в течение нескольких секунд хлористый водород. Испытание электропроводности полученных растворов показывает, что в толуоле хлористый водород находится в молекулярном состоянии (лампочка не горит), тогда как в воде он находится в виде ионов.

О п ы т 128

Зависимость электропроводности от концентрации ионов

Подготовка. Раствор уксусной кислоты. Раствор аммиака. Прибор для испытания электропроводности. Стаканы на 200—250 мл.

При приготовлении растворов уксусной кислоты и аммиака нужно исходить из концентрированных растворов и разбавлять их настолько, чтобы при испытании их электропроводности лампочка горела очень тускло.

Выполнение. В один стакан поместить немного уксусной кислоты, а в другой — немного раствора аммиака. Показать, что они плохо проводят ток. Не забывать промыть электроды после погружения в один из растворов и только чистые погружать во второй стакан! Теперь слить оба раствора в третий стакан и опустить в него электроды. Лампа горит ярко. Число ионов — переносчиков тока — увеличилось.

О п ы т 129

Электропроводность дистиллированной воды

Вода обладает очень небольшой электропроводностью. При диссоциации воды, как известно, образуются ионы водорода и гидроксильные ионы в чрезвычайно малой концентрации, приблизительно равной 10^{-7} г-ион/л.

В опыте 125 было показано, что вода не является проводником при использовании в «указателе тока» обычной лампочки накаливания. Если в приборе для испытания электропроводности заменить лампу накаливания на неоновую и использовать напряжение 220 в, то через воду проходит слабый ток, и лампочка загорается.

Перед опытом дистиллированную воду следует еще раз перегнать!

Выполнение. Включить в цепь неоновую лампу на 5 *вт*. Опустить электроды в стакан с дистиллированной водой. Лампа ярко горит при напряжении 220 в и слабо — при 120 в. Заменить неоновую лампочку на обычную (40—60 *вт*), зажигания не происходит. При помощи металлического ножа с изолированной ручкой закоротить ток на электродах, чтобы показать, что лампа исправна.

СМЕЩЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

О п ы т 130

Значение для электролитов воды как растворителя

Подготовка. Ледяная уксусная кислота (кислота должна быть действительно безводной). Мелкий порошок карбоната кальция. Стакан емкостью около 800 *мл* (или цилиндр).

Выполнение. В стакан (или цилиндр) поместить порошок карбоната и прилить ледяную уксусную кислоту. Реакция не идет. Добавить немного воды. Начинается бурное выделение пузырьков газа.

О п ы т 131

Влияние замены сильной кислоты на слабую

Подготовка. Раствор соляной кислоты (1:4). Концентрированный раствор ацетата натрия. Гранулированный цинк. Два цилиндра на 150—200 *мл*. Стекланные палочки.

Выполнение. Налить в цилиндры одинаковые объемы соляной кислоты. В каждый бросить одинаковое количество кусочков цинка. Когда в обоих цилиндрах установится равномерное выделение водорода (черный фон!), прилить

в один немного (сколько, установить заранее!) концентрированного раствора ацетата натрия, в другой — столько же воды (для сохранения того же объема). Растворы перемешать палочками.

Выделение водорода в первом цилиндре почти прекращается.

О п ы т 132

Влияние общего иона на растворимость соли

Подготовка. Насыщенный раствор хлорида натрия. Концентрированная соляная кислота. Концентрированный раствор щелочи. Стаканы емкостью 200—250 мл. Лампа.

Выполнение. К насыщенному раствору NaCl добавить (по каплям) концентрированной соляной кислоты. Выпадают кристаллы соли. При боковом освещении стакана лампой хорошо видно, как при падении кристаллики блестят своими гранями.

К другой части насыщенного раствора NaCl можно добавить концентрированный раствор щелочи; и в этом случае выпадает осадок.

О п ы т 133

Ионные реакции с образованием малорастворимых осадков

Таких реакций очень много. В качестве примера можно показать взаимодействие ионов Ba^{2+} с ионами SO_4^{2-} в растворах различных сульфатов (Na_2SO_4 , $CuSO_4$, $CaSO_4$, $NiSO_4$) или ионов Ag^+ с ионами хлора в растворах хлоридов.

О п ы т 134

Влияние избытка одного из ионов малорастворимой соли на равновесие в насыщенном растворе

Подготовка. Раствор $AgNO_3$ (4,2 г в 25 мл воды). Раствор ацетата натрия (3,4 г соли в 25 мл воды). Насыщенный раствор KNO_3 .

Выполнение. Налить в стакан 150 мл воды и добавить 15 мл раствора AgNO_3 и 15 мл ацетата натрия. Выпадает белый осадок ацетата серебра. Дать осадку осесть на дно, слегка мутный насыщенный раствор ацетата серебра разлить в три стакана. В один стакан добавить 8—10 мл раствора AgNO_3 , во второй — столько же раствора ацетата натрия. В обоих стаканах выпадает осадок. В третий стакан добавить насыщенный раствор KNO_3 . Раствор становится прозрачным. Здесь не образуется осадок, так как KNO_3 общих с ацетатом серебра ионов не имеет.

О п ы т 135

Смещение ионного равновесия в растворе аммиака

Подготовка. Концентрированный раствор аммиака. Концентрированная соляная кислота. Кусочки твердой углекислоты или баллон с CO_2 . Фенолфталеин. Цилиндр емкостью 750—1000 мл. Воронка, присоединенная к длинной трубке, доходящей до дна цилиндра.

Приготовить растворы: соляной кислоты (1:2) и аммиака (10—12 мл концентрированного раствора на 1000 мл воды).

Выполнение. В цилиндр налить приготовленный раствор аммиака и 5—6 капель фенолфталеина. Раствор окрашивается в красный цвет. Теперь пропустить в раствор углекислый газ (или бросить несколько кусочков твердой углекислоты). После обесцвечивания раствора опустить до дна цилиндра трубку с воронкой и прилить соляную кислоту. Начинается сильное выделение пузырьков газа.

О п ы т 136

Влияние концентрации ионов H^+ и OH^- на осаждение и растворение основных и амфотерных гидроокисей

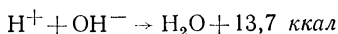
Подготовка. Растворы щелочи и кислоты. Растворы солей Ca , Fe(III) , Cu , Ni , Cr , Al . Стаканы. Палочки.

Выполнение. Поместить в стаканы растворы различных солей и, приливая щелочь, получить осадки гидроокисей. В случае солей хрома и алюминия приливать щелочь осто-

рожно по каплям. Показать, что при увеличении концентрации ионов водорода в стаканах осадки растворяются. Показать, что некоторые гидроокиси переходят в раствор и при избытке ионов гидроксидов.

О п ы т 137

Тепловой эффект реакции нейтрализации



Подготовка. Растворы: 2н. NaOH и 2н. HCl. Стакан емкостью 400—500 мл. Демонстрационный термометр или термоскоп.

Выполнение. Укрепить термометр в штативе так, чтобы шарик находился в нижней части стакана. Затем прилить 200—250 мл одного из растворов (кислоты или щелочи). Отметить температуру, или, при применении термоскопа, сравнить уровни жидкости в манометре. После этого прилить другой раствор и осторожно (не разбить термометр!) перемешать палочкой. Происходит экзотермическая реакция взаимодействия ионов водорода и гидроксидов.

ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ. ИНДИКАТОРЫ

О п ы т 138

Реакция нейтрализации

Подготовка. Растворы соляной кислоты и щелочи одинаковой нормальности. Растворы индикаторов: метиловый оранжевый, тимолфталейн. Три больших стакана.

Выполнение. В один стакан налить раствор соляной кислоты, в другой — равный объем раствора щелочи (нужные объемы установить заранее!). В раствор кислоты добавить несколько капель метилового оранжевого — появляется розовая окраска (белый фон!). В раствор щелочи добавить 2—3 капли другого индикатора — тимолфталейна. Он становится голубым. Теперь слить оба раствора в третий стакан. Прежние окраски исчезают и появляется новая — слабо-желтая окраска.

Влияние концентрации ионов водорода на окраску индикатора

Подготовка. Раствор соляной кислоты (1:3). Концентрированная соляная кислота. Раствор метилового фиолетового. Колба емкостью около 1000 *мл*.

Выполнение. В колбу налить 400—500 *мл* дистиллированной воды и добавить раствор метилового фиолетового в таком количестве, чтобы в дальнейшем получить желаемую глубину окраски. Сначала окраска получается фиолетовая. Затем осторожно по каплям прибавить немного раствора HCl . Раствор становится синего цвета (белый фон!). При дальнейшем приливании кислоты и размешивании раствора окраска красителя проходит через различные оттенки от синей, сине-зеленой, зеленой и, наконец (при прибавлении концентрированной HCl), доходит до желтой.

О п ы т 140

Определение рН растворов при помощи универсального индикатора

Подготовка. Растворы HCl (1н.), NH_4Cl (0,1н.), NH_4Cl (конц.), NaCl (1н.), Na_2HPO_4 (0,1н.), Na_2CO_3 (0,1 н.). Шесть колб с пробками емкостью 500—750 *мл*. Стаканы одинаковой емкости 250—300 *мл*. Раствор универсального индикатора.

Приготовленные растворы поместить в колбы, закрыть пробками и на каждой отметить (восковым карандашом) водородный показатель раствора: HCl ($\text{pH} < 4$), NH_4Cl ($\text{pH} 5$), NH_4Cl ($\text{pH} 6$), NaCl ($\text{pH} 7$), Na_2HPO_4 ($\text{pH} 8-9$), Na_2CO_3 ($\text{pH} \geq 10$). Для приготовления раствора универсального индикатора отвесить на аналитических весах 0,050 г тимолового синего, 0,012 г метилового красного, 0,060 г бромтимолового синего и 0,100 г фенолфталеина. Навески растворить в 100 *мл* спирта и затем (после полного растворения) осторожно по каплям прибавить 0,05 н. раствор NaOH до появления при размешивании зеленой окраски. После этого долить водой до 200 *мл*. Индикатор хранить

в склянке с притертой пробкой. Для демонстрации отлить часть раствора в капельницу.

Рекомендуемый универсальный индикатор меняет окраску согласно цветам спектра: красный ($\text{pH} < 4$), оранжевый ($\text{pH} 5$), желтый ($\text{pH} 6$), зеленый ($\text{pH} 7$), синий ($\text{pH} 8$), сине-фиолетовый ($\text{pH} 9$), фиолетовый ($\text{pH} \geq 10$). Можно пользоваться и универсальными индикаторами, имеющимися в продаже, но они дают менее красивые окраски.

Выполнение. Поставить против белого экрана шесть стаканов. Налить в них приготовленные в колбах растворы с различными водородными показателями (от 4 до 10). Добавить в каждый стакан 5—6 капель универсального индикатора. Получается красивое чередование цветов, соответствующих спектру.

Примечание. Растворы, подкрашенные индикатором, не выливать, они будут нужны для следующих опытов при колориметрическом определении водородного показателя.

О п ы т 141

Изменение концентрации ионов водорода при электролизе

Подготовка. Раствор сульфата натрия (0,1 М). Универсальный индикатор. Источник постоянного тока (6 в). Электролизер (аппарат Гофмана, рис. 14).

В раствор сульфата натрия добавить несколько миллилитров универсального индикатора. Раствор должен быть темно-зеленого цвета. Затем данным раствором заполнить электролизер.

Выполнение. Поставить электролизер против белого экрана и включить ток. Очень скоро через 2—3 сек одно колено электролизера (у катода) окрасится сначала в синий, а затем в фиолетовый цвет, другое — в розовый. Раствор в средней части остается зеленым. Отключив ток, опыт прекратить.

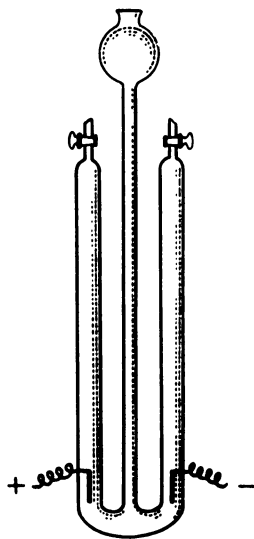


Рис. 14. Электролизер

О п ы т 142

Изменение концентрации ионов водорода при омылении эфира

Подготовка. Колба емкостью 1000 мл. Раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (насыщенный). Универсальный индикатор. Метиловый или этиловый эфир муравьиной кислоты.

Для приготовления метилового эфира муравьиной кислоты насытить хлористым водородом охлажденную смесь, содержащую 306 г муравьиной кислоты и 225 г метилового спирта; на следующий день разбавить смесь половинным объемом воды и перегнать на водяной бане (фракция 25—40° С). Дистиллят промыть концентрированным раствором поташа и вторично перегнать. Сушить пятиокисью фосфора.

Выполнение. Поместить в колбу 400 мл воды, 20 мл насыщенного раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и прибавить несколько миллилитров универсального индикатора. Раствор фиолетового цвета. Теперь добавить 12—13 мл сложного эфира, перемешать и наблюдать изменение окраски индикатора: сперва она становится синей, затем зеленой и через 15—20 мин желтой.

О п ы т 143

Изменение pH раствора слабой кислоты (или слабого основания) при добавлении их соли

Подготовка. Растворы: 0,1 н. уксусная кислота, 0,1 н. аммиак, ацетат аммония (конц.). Универсальный индикатор. Стаканы.

Выполнение. Налить в стакан уксусной кислоты и немного универсального индикатора. Раствор окрашивается в розовый цвет. Разлить раствор на два стакана. Один оставить для сравнения, в другой добавить немного концентрированного раствора ацетата натрия, образующего одноименные с кислотой ионы. Предварительно, прилив индикатор, показать в отдельном стакане, что соль имеет нейтральную реакцию. После добавления соли цвет рас-

твора кислоты меняется — становится желтым, т. е. концентрация ионов водорода уменьшается. То же проделать с раствором аммиака. В этом случае фиолетовый цвет раствора переходит в синий.

О п ы т 144

Буферные растворы

Подготовка. Соли: Na_2HPO_4 , KH_2PO_4 , Na_2CO_3 , $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$. Уксусная кислота, 0,1 н. растворы соляной (или серной) кислоты и щелочи. Универсальный индикатор. Стаканы.

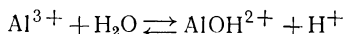
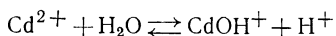
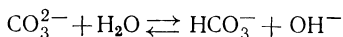
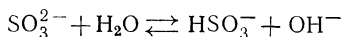
Буферные растворы обычно содержат смеси слабых кислот или оснований с их солями. Существует много различных рецептов приготовления этих растворов. В качестве примера приводятся следующие. Ацетатный буферный раствор (рН 4,6) можно приготовить, смешивая равные объемы 0,2 М раствора уксусной кислоты и 0,2 М раствора ацетата натрия. При сливании 100 мл 0,1 М раствора Na_2CO_3 и 6 мл 0,1 М раствора соляной кислоты получается буферная смесь с рН 11.

Интересен для демонстрации раствор с рН 7 (его можно сравнить с водой). Проще всего его приготовить сливанием равных объемов 2 М растворов Na_2HPO_4 и KH_2PO_4 , или 3,4 г KH_2PO_4 растворить в 150 мл 0,1 н. раствора NaOH и разбавить водой до 500 мл.

Выполнение. Поставить ряд стаканов: четыре небольших и два большего объема. В один большой стакан налить дистиллированную воду, в другой — буферный раствор (рН 7). Добавить в оба стакана универсальный индикатор. Обе жидкости приобретают зеленую окраску. Заранее проверить реакцию воды — она может дать кислую реакцию, вследствие поглощения CO_2 из воздуха. Жидкость из первого стакана (воду) разлить на два стакана и добавить в один стакан 5—10 мл 0,1 н. раствора соляной кислоты, в другой столько же 0,1 н. раствора щелочи. Тотчас содержимое одного стакана принимает розовую окраску, а другого — фиолетовую. Теперь разлить на два стакана буферный раствор. При добавлении кислоты в один стакан (в том же количестве) и щелочи в другой цвет «чудесной» жидкости остается прежний — зеленый.

О п ы т 145

**Смещение ионного равновесия
в растворах вследствие гидролиза**



Подготовка. Кристаллические соли: хлорид натрия, сульфит натрия, карбонат натрия, сульфат кадмия, сульфат алюминия или цинка.

Раствор универсального индикатора. Набор баночек со стандартными растворами, окрашенными универсальным индикатором (рН от 4 до 10, см. опыт 140). Стаканы емкостью 250—300 мл. Палочки.

Выполнение. Поставить ряд стаканов (белый фон!). Налить в каждый одинаковое количество воды и универсального индикатора. Затем внести небольшое количество кристалликов различных солей (каждую соль отдельно!). Размешивая палочками, соли растворить. Изменение окраски растворов указывает на смещение химического равновесия, а сравнение с окраской стандартных растворов позволяет оценить величину водородного показателя.

О п ы т 146

**Влияние повышения температуры
на степень гидролиза соли**

Подготовка. Растворы: 1 М ацетат натрия, 1 М хлорид цинка. Универсальный индикатор. Метилловый красный. Стаканы.

Выполнение. В стакан налить раствор ацетата натрия и немного универсального индикатора (или несколько капель фенолфталеина). Отлить часть раствора в другой стакан и нагреть почти до кипения. Изменение окраски показывает усиление гидролиза при нагревании раствора. То

же можно проделать с раствором ZnCl_2 . В этом случае удобнее использовать в качестве индикатора метиловый красный (в области рН от 4 до 6 его окраска изменяется от красной до желтой). При комнатной температуре индикатор окрашивает раствор в желтый цвет, при нагревании — в розовый.

О п ы т 147

Гидролиз соли железа (III) и соли алюминия (III) при нагревании

Подготовка. Кристаллы квасцов $\text{KFe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Ацетат алюминия. Стаканы. Палочки.

Выполнение. В один стакан налить холодную воду, в другой — горячую, нагретую почти до кипения. Показать (подняв склянку!) сиреневую окраску кристалликов квасцов [цвет гидратированного иона $\text{Fe}(\text{III})$]. Бросить немного мелких кристалликов соли в холодную воду и столько же — в горячую. Раствор в первом стакане приобретает не сиреневую, а светло-желтую окраску (цвет продуктов гидролиза). Горячий раствор имеет более густую коричневую окраску вследствие увеличения степени гидролиза ионов $\text{Fe}(\text{III})$.

При нагревании раствора ацетата алюминия выпадает белый осадок основных солей.

О п ы т 148

Влияние разбавления раствора на степень гидролиза соли

Подготовка. Хлорокись висмута или основной нитрат висмута. Раствор хлористой сурьмы. Цилиндр на 100 мл. Большой стакан.

Растереть около 2 г соли висмута с 40—50 мл воды в фарфоровой чашке. Перенести взвесь в колбу и добавлять осторожно, по каплям концентрированную соляную кислоту до тех пор, пока жидкость не станет прозрачной.

Закрыть колбу пробкой и хранить до лекции.

Выполнение. Перелить прозрачную жидкость в цилиндр и добавить равный объем воды. Появляется обильный осадок основной соли висмута. То же можно проделать и с хлоридом сурьмы, но уже в большом стакане (см. опыт 275, стр. 177).

О п ы т 149

Влияние константы диссоциации продуктов реакции на степень гидролиза

Подготовка. Растворы: 1 *M* карбонат натрия, 1 *M* ацетат натрия, 1 *M* хлорид аммония и 1 *M* ацетат аммония. Универсальный индикатор. Стаканы.

Выполнение. В четыре стакана налить приготовленные растворы солей натрия и аммония. В каждый стакан добавить универсальный индикатор. Последний окрасит раствор карбоната натрия в фиолетовый цвет ($\text{pH} > 10$), а раствор ацетата натрия — в синий цвет ($\text{pH} \sim 8$). Раствор хлорида аммония приобретает желтую окраску ($\text{pH} \sim 5$), а раствор ацетата аммония — зеленую ($\text{pH} 7$).

Примечание. Константа электролитической диссоциации уксусной кислоты приблизительно на два порядка больше константы диссоциации угольной кислоты (см. табл. 4 приложения). Константы диссоциации NH_4OH и CH_3COOH имеют одинаковые значения, поэтому pH раствора $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ имеет значение, близкое к 7.

О п ы т 150

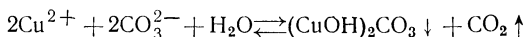
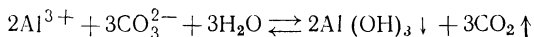
Гидролиз солей фосфорной кислоты

Подготовка. Сухие соли: Na_3PO_4 , Na_2HPO_4 , NaH_2PO_4 . Универсальный индикатор. Стаканы. Стекланные палочки.

Выполнение. В три стакана с водой внести небольшие количества указанных солей и размешать палочками. Затем добавить индикатор. Разница в окрасках полученных растворов, а следовательно, и в значениях pH (приблизительно 4, 8 и 10) связана с величинами констант диссоциации фосфорной кислоты (K_1 , K_2 , и K_3).

О п ы т 151

Гидролиз соли с выделением из раствора продуктов гидролиза



Подготовка. Раствор соды (конц.) и растворы солей алюминия и меди (сульфаты или хлориды). Цилиндры емкостью 150 мл или стаканы.

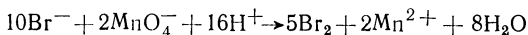
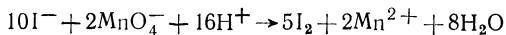
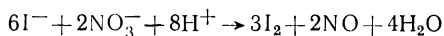
Выполнение. К растворам солей алюминия и меди в отдельных цилиндрах прилить раствор соды (количество установить заранее). Тотчас образуются обильные осадки, в одном цилиндре гидроокиси алюминия, в другом — основной соли меди (бирюзового цвета). Если выделение пузырьков CO_2 мало заметно, то нужно сильно встряхнуть цилиндры.

В этих случаях происходит полное смещение равновесия в сторону образования продуктов гидролиза.

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ В РАСТВОРАХ

О п ы т 152

Взаимодействие бромид- и иодид-ионов с некоторыми окислителями



В качестве хорошо известных окислителей можно испытать растворы KMnO_4 и HNO_3 . Перед опытом сравнить (по таблице) разницу в значениях окислительно-восстановительных потенциалов выбранных ионов.

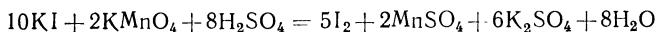
Подготовка. Раствор KMnO_4 . Раствор HNO_3 (1:2). Растворы: 1М бромид калия и 1 М иодид калия. Раствор крахмала. Разбавленный раствор H_2SO_4 . Стаканы.

Выполнение. В один стакан поместить раствор KI, в другой — KBr. Затем в оба стакана добавить несколько миллилитров раствора HNO_3 . В первом стакане появляется слабо-желтая окраска. Происходит выделение иода. При приливании крахмала появляется более заметная синяя окраска раствора. В этом стакане прошла окислительно-восстановительная реакция. Во втором стакане жидкость остается бесцветной. Реакция не идет, и бром не выделяется. В двух других стаканах испытать действие более сильного окислителя, обладающего большим значением потенциала. К раствору KI в одном стакане и KBr в другом добавить несколько миллилитров подкисленного раствора KMnO_4 . В этом случае будет наблюдаться выделение не только иода, но и брома.

Примечание. В качестве примеров окислительно-восстановительных взаимодействий в растворах можно использовать и многие другие реакции, приведенные в разных разделах книги.

О п ы т 153

Окисление иодида калия перманганатом калия (с гальванометром)



Вследствие разности потенциалов реакции, связанные с переходом электронов от ионов восстановителя к ионам окислителя, вызывают во внешней цепи прохождение электрического тока.

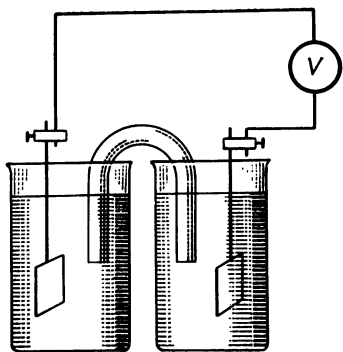


Рис. 15. Прибор для демонстрации окислительно-восстановительного потенциала

Подготовка. Растворы: KMnO_4 (около 0,001M) и KI (0,1M). Разбавленный раствор серной кислоты. Раствор крахмала. Раствор 1н. Na_2SO_4 . Два одинаковых стакана емкостью 600—700 мл. U-образная трубка (диаметр около 1,5 см). Два платиновых электрода. Гальванометр демонстрационный (рис. 15).

Выполнение. Поставить стаканы рядом. Один стакан

наполнить слегка подкисленным раствором KMnO_4 , другой — KI . U-образную соединительную трубку заполнить раствором сульфата натрия (без пузырьков воздуха), закрыть концы комочками ваты, перевернуть и быстро опустить в стаканы так, чтобы концы трубки оказались в растворах. Затем, присоединив провода к гальванометру, погрузить электроды в растворы. В цепи возникает электрический ток и стрелка прибора отклоняется. Через 30—40 сек в растворе KI вблизи электрода появляется синее окрашивание. Через 1—2 мин при помешивании электродом синяя окраска распространится по всему объему раствора. Окраска раствора во втором стакане становится слабее.

О п ы т 154

Сравнение восстановительной способности ионов $[\text{Cl}^-, \text{Br}^-, \text{I}^-]$ при помощи гальванометра

Подготовка. Растворы: 1н. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 1н. KI , 1н. KBr , 1н. NaCl . Разбавленный раствор серной кислоты. Широкий стакан емкостью 500—600 мл. Пористый глиняный цилиндр (диаметр около 5 см). Гальванометр демонстрационный. Платиновые электроды (3×4 см).

Выполнение. В стакан налить подкисленный раствор окислителя — бихромата калия. В пористый цилиндр поместить раствор NaCl . Цилиндр опустить в стакан с раствором окислителя. Уровни растворов должны быть на одной высоте.

Присоединив затем электроды к гальванометру, погрузить один электрод в раствор бихромата, другой — в раствор NaCl . Стрелка гальванометра не отклоняется (или отклоняется очень незначительно). Вынуть из цилиндра электрод, вылить из него жидкость и налить новый раствор — раствор KBr . Опустив электрод, показать более значительное отклонение стрелки гальванометра. И, наконец, заменив KBr на раствор иодида калия, продемонстрировать еще более сильное отклонение стрелки прибора.

Примечание. Перед опытом пористый цилиндр держать в стакане с водой. После опыта цилиндр тщательно вымыть.

О п ы т 155

Окисление хлорида олова хлоридом железа

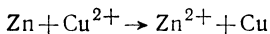


Подготовка. Растворы: 1н. FeCl_3 , 1н. $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, 1н. SnCl_2 , 1н. Na_2SO_4 . Два одинаковых стакана емкостью 500—600 мл. U-образная трубка (диаметр около 1,5 см). Два платиновых электрода. Гальванометр демонстрационный. Для приготовления раствора окислителя смешать 4—6 мл 1н. FeCl_3 , несколько капель 1н. $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ и 400 мл воды.

Выполнение. В два стоящие рядом стакана налить: в первый — приготовленный раствор хлорида железа, во второй — раствор хлорида олова. Стаканы соединить при помощи U-образной трубки, наполненной раствором сульфата натрия (трубка должна быть без пузырьков воздуха!). Теперь погрузить в стаканы электроды, соединив их с гальванометром. Стрелка прибора отклоняется, показывая, что в цепи возникает электрический ток. Через некоторое время в первом стакане вокруг электрода возникает голубое окрашивание.

О п ы т 156

Гальванический элемент



Подготовка. Растворы (1н.) сульфатов меди и цинка. Электрод медный. Электрод цинковый (в виде пластинок). Стакан емкостью 500—600 мл. Пористый глиняный цилиндр (диаметр около 5 см). Вольтметр на 5 в (демонстрационный).

Выполнение. В стакан, содержащий раствор сульфата меди, поместить пористый цилиндр с раствором сульфата цинка. Уровни растворов должны находиться на одной высоте. Провода от электродов присоединить к вольтметру. Последний поместить на столе так, чтобы его стрелка была всем хорошо видна. Опустить медный электрод в раствор CuSO_4 , цинковый — в раствор ZnSO_4 . Начинает протекать окислительно-восстановительная реакция, происходит, как и в предыдущих опытах, переход электронов, возникает э. д. с., и стрелка вольтметра отклоняется приблизительно на 1,1 в (сравнить с разностью значений E^0 , приведенных в табл. 6 приложения).

VIII. ГАЛОГЕНЫ

Помнить, что обращение с хлором и бромом требует большой осторожности. Попадая на кожу, жидкий бром причиняет сильные ожоги. Хлор и пары брома действуют на слизистые оболочки дыхательных органов. Подготовку и проверку демонстрационных опытов проводить в вытяжном шкафу. На лекционном столе пользоваться вытяжным устройством.

О п ы т 157

Стандартные состояния галогенов
(агрегатные состояния: хлор — газ, бром — жидкость, иод — кристаллы)

Подготовка. Три большие плоскодонные колбы емкостью 1—1,5 л. Горлышки колб аккуратно оттянуть.

Одну колбу заполнить хлором (см. стр. 109). Во вторую налить около 10—12 мл брома (осторожно!). Колба наполняется парами брома, на дне колбы должно остаться немного жидкого брома. В третью колбу внести 1—2 ложечки кристаллического иода. Над кристаллами воздух окрасится в очень слабый фиолетовый цвет.

Колбы запаять и хранить для демонстрации.

О п ы т 158

Возгонка иода

Подготовка. Кристаллический иод. Круглодонная колба емкостью 500—750 мл. Широкая пробирка.

Выполнение. В колбу внести 1—2 г иода. Поместив ее над пламенем горелки и поворачивая, слегка нагреть. Постепенно колба наполняется густыми фиолетовыми парами иода. При охлаждении на стенках появляются мелкие блестящие кристаллы иода. При нагревании в горлышко колбы можно поместить пробирку с холодной водой. При конденсации паров на стенках пробирки оседают красивые темные кристаллы.

Распределение галогенов между двумя несмешивающимися растворителями

Подготовка. Хлорная вода (свежеприготовленный и хорошо насыщенный раствор). Бромная вода (насыщенный раствор разбавить в два раза). Раствор иода с иодидом калия (разбавить до желтого цвета). Три цилиндра с притертыми пробками емкостью 200—250 мл. Четыреххлористый углерод или хлороформ.

Для получения бромной воды в склянку с холодной дистиллированной водой прилить несколько миллилитров брома. Хлорную воду получить пропусканием хлора через воду в течение 20—30 мин (см. ниже).

Выполнение. В цилиндры внести раствор иода, бромную воду и хлорную воду (по 50—70 мл). Хлорную воду не разбавлять! Далее в каждый цилиндр налить примерно такой же объем органического растворителя. Закрыть цилиндры пробками и встряхнуть. После отстаивания будет заметно, что галогены распределились между двумя растворителями, причем в слое органического растворителя концентрация их будет больше. В цилиндре с хлором это менее резко выражено, так как окраска хлора слабая. Фиолетовый цвет раствора иода в CCl_4 и CHCl_3 свидетельствует о том, что состояние иода в этом растворе напоминает его состояние в газовой фазе.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГАЛОГЕНОВ С МЕТАЛЛАМИ И НЕМЕТАЛЛАМИ

Подготовка. Цилиндры, наполненные хлором и закрытые шлифованными пластинками. Склянка с бромом (осторожно!). Металлический натрий, железные стружки, оловянная фольга, кисточки из тонкой медной проволоки, стружки алюминия, алюминиевая пыль, сурьма в порошке, фосфор (красный и белый), иод, скипидар, свеча. Железные ложечки на длинном стержне. Щипцы и шпатели. Пробирки. Круглодонная колба с длинным горлом (удобна колба Кьельдаля). Капельная воронка. Пипетка. Керамические пластины. Поднос с песком.

Одну из железных ложек покрыть асбестом (слой мокрого асбеста прилепить к внутренней поверхности ложки, затем высушить и прокалить).

Для получения хлора использовать реакции взаимодействия KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, MnO_2 с концентрированной соляной кислотой. В первом случае реакция идет при комнатной температуре, во втором и третьем — при нагревании. Прибор для получения хлора собрать в вытяжном шкафу. Необходимы колба Вюрца, капельная воронка, длинная стеклянная трубка, согнутая под прямым углом (она должна доходить почти до дна цилиндра). Шлифованные поверхности краев цилиндра и пластинки хорош смазать вазелином. В колбу поместить кристаллический перманганат калия, в капельную воронку — концентрированную соляную кислоту. Последнюю втянуть в воронку через ее оттянутый конец при помощи резиновой груши (для заполнения трубки воронки). Спускать кислоту каплями, регулируя скорость поворотом крана. После наполнения цилиндра хлором (белый фон!) вынуть газоотводную трубку, тотчас закрыть цилиндр пластинкой, а под трубку подставить следующий цилиндр. Заготовить таким образом необходимое число цилиндров и хранить до лекции. Если в аудитории желательно показать реакцию получения хлора, то и в этом случае не следует заполнять цилиндры непосредственно на лекционном столе и для этого усложнять прибор. Удобнее ограничиться демонстрацией реакций получения хлора в больших открытых пробирках с использованием полосок иодокрахмальной бумаги.

О п ы т 160

Горение натрия в хлоре

Выполнение. Кусочек металлического натрия вынуть из керосина, обсушить фильтровальной бумагой и очистить от пленки окиси. Обрезки снова поместить в банку с керосином. (Осторожно! Соблюдать все правила обращения с металлическим натрием!). Положить кусочек на железную ложку, покрытую асбестом, и, держа ложку за конец стержня (стержень должен быть согнут под прямым углом), нагреть в пламени горелки. Заметив, что натрий загорается,

тотчас внести ложечку в цилиндр с хлором, предварительно сняв пластинку левой рукой. Натрий продолжает гореть в хлоре, давая на стенках цилиндра налет NaCl .

Примечание. Опыт требует тщательной отработки. Бывают случаи, когда натрий сгорает в ложечке до погружения ее в хлор. Нужно внимательно отметить момент окончания нагрева, и тогда натрий успеет сгореть в хлоре или даже вспыхнуть при погружении в хлор.

О п ы т 161

Горение олова в хлоре

Выполнение. Кусок оловянной фольги в виде ленты взять щипцами, нагреть в пламени горелки и опустить в цилиндр с хлором. На дно цилиндра падает красивый огненный дождь. Образуются капли тяжелой дымящейся жидкости SnCl_4 (если оловянная фольга тонкая, она загорается в хлоре без нагревания).

О п ы т 162

Горение железа в хлоре

Выполнение. Положив на железную ложечку комок тонких железных стружек, нагреть их в пламени горелки и внести в цилиндр с хлором. Железо горит красноватым пламенем. Образуется рыжий дым FeCl_3 , заполняющий весь цилиндр.

О п ы т 163

Горение меди в хлоре

Выполнение. Кисточку из очищенной медной проволоки слегка нагреть в пламени горелки и быстро внести в цилиндр. Медь горит, на дно падают тяжелые капли хлорида меди.

Примечание. При выполнении опытов 162 и 163 следует положить на дно цилиндра слой сухого песка (до наполнения цилиндра хлором).

О п ы т 164

Горение сурьмы в хлоре

Выполнение. В цилиндр, наполненный хлором, медленно сыпать с металлической ложки или шпателя сурьму в порошке. Сурьма горит в хлоре очень красиво: крупинки сурьмы вспыхивают белыми искорками.

О п ы т 165

Горение фосфора в хлоре

Выполнение. Поместить на ложечку немного красного фосфора и внести в цилиндр с хлором. Фосфор самовоспламеняется и горит слабым зеленоватым пламенем. На стенках цилиндра оседают хлориды фосфора.

О п ы т 166

Горение свечи в хлоре

Выполнение. Укрепить в маленькой железной ложечке свечу, зажечь ее и медленно внести в цилиндр. Сразу становится заметно, как изменилось пламя свечи: оно бледнеет, вытягивается, сильно коптит. Появляются пары хлористого водорода.

О п ы т 167

Горение скипидара в хлоре

Выполнение. Комок стеклянной ваты смочить в чашечке теплым скипидаром. Быстро отжать, взять щипцами и бросить в цилиндр с хлором. Скипидар загорается, и из цилиндра вырывается пламя и облако сажи (осторожно!).

Примечание. Комок стеклянной ваты можно заранее положить в цилиндр — до наполнения его хлором. На демонстрационном столе слегка подогреть в пробирке немного скипидара и выплеснуть его в цилиндр на комок ваты (осторожно!). Пользоваться держалкой!

Синтез хлорида алюминия

Подготовка. Алюминий (стружка). Прибор для получения хлора (см. стр. 109). Раствор щелочи. Термостойкая стеклянная трубка (длина 30—35 см, диаметр 2—2,5 см). стакан емкостью 300—1000 мл.

Термостойкую стеклянную трубку укрепить в лапке штатива. В среднюю часть трубки положить стружки алюминия. Один конец трубки соединить с прибором для получения хлора; другой конец трубки закрыть пробкой с проходящей через нее стеклянной трубкой, согнутой под прямым углом. Эту трубку опустить в стакан со щелочью. Трубка должна быть над раствором щелочи.

Выполнение. Начать пропускать слабый ток хлора над алюминиевыми стружками. Прогреть всю трубку пламенем газовой горелки, затем сосредоточить нагревание в том месте, где помещен алюминий. Как только алюминий раскалится, усилить ток хлора и отставить горелку. Алюминий сгорает в хлоре. На стенках трубки оседает желтоватый налет хлорида алюминия.

Примечание. Получив хлорид алюминия, можно показать его гидролиз. Хлорид алюминия после охлаждения трубки сыпать медленно в стакан с водой. Слышно шипение — хлорид алюминия гидролизуется со значительным выделением тепла. Метилловый оранжевый сообщает раствору розовую окраску.

О п ы т 169

Горение меди в бrome

Выполнение. Укрепить в штативе широкую пробирку и с крайней осторожностью внести в нее около 1 мл брома. Затем, аналогично опыту 163, внести в пары брома нагретую пластинку или кисточку из проволоки. Медь горит!

Примечание. При демонстрации этого и последующих опытов под пробирку с бромом подставить поднос с песком. По окончании опытов пробирки тотчас унести в вытяжной шкаф и после остывания(!) залить раствором щелочи.

О п ы т 170

Горение сурьмы в бrome

Выполнение. В пробирку, укрепленную в штативе, внести немного брома (осторожно!) и с ложечки сбросить порошок сурьмы. Сурьма сразу же загорается. Раскаленные добела крупинки сурьмы бегут по поверхности брома.

О п ы т 171

Горение алюминия в бrome

Выполнение. Укрепить пробирку в штативе. Под пробирку поставить поднос с песком. Внести в пробирку 1—2 мл брома (осторожно!) и несколько стружек алюминия (порошком пользоваться нельзя!). Через несколько секунд алюминий загорается и горит ярким пламенем. Реакция протекает очень бурно, с сильным выделением паров брома. Проводить этот опыт при наличии тяги на демонстрационном столе.

Следует иметь в виду, что алюминий загорается в бrome не сразу. Если через 20—30 сек никакого эффекта не наблюдается, можно очень осторожно подогреть пробирку пламенем спиртовки.

О п ы т 172

Горение фосфора в бrome

Выполнение. В колбу (круглодонную) поместить немного красного фосфора. Пробкой колбу не закрывать. Капельную воронку укрепить в штативе так, чтобы конец воронки находился в колбе над поверхностью фосфора. Внести в воронку бром (осторожно!). Открывая кран воронки, по каплям спускать бром на фосфор. После падения каждой капли в колбе наблюдается вспышка. По окончании реакции, подействовав несколькими каплями воды, можно показать, что образовавшиеся бромиды фосфора легко гидролизуются.

О п ы т 173

Взаимодействие иода с алюминием

Подготовка. В отдельных бюксах отвесить 0,4 г алюминиевой пыли и 4 г мелкорастертого иода.

Выполнение. На керамическую пластинку высыпать из бюксов алюминий и иод. Перемешать тщательно лучинкой. Реакция не идет! По середине горки пальцем сделать углубление и при помощи пипетки внести каплю воды. Вода здесь служит катализатором. Вскоре начинается реакция. Сначала появляется легкий дымок, а затем разгорается яркое пламя с клубами фиолетового дыма.

Примечание. Аналогично протекает реакция цинка с иодом. В этом случае смешать 0,6 г цинковой пыли и 2,5 г мелкорастертого иода. Энергично взаимодействуют также эквивалентные количества магния и иода.

О п ы т 174

Взаимодействие иода с фосфором

Выполнение. На керамическую пластинку положить немного растертого иода. Сверху положить кусочек белого фосфора, предварительно высушенный фильтровальной бумагой. (Осторожно! Выполнять правила обращения с белым фосфором!) Через несколько секунд фосфор загорается и взаимодействует с иодом.

О п ы т 175

Взаимодействие иода с хлором

Выполнение. В пробирку с шарообразным расширением положить немного иода. Нагревая пробирку в горизонтальном положении над пламенем горелки, спустить тяжелые пары иода в цилиндр с хлором. Для этого пластинку на цилиндре слегка отодвинуть. В верхней части цилиндра образуется желтый налет кристаллов ICl_3 .

О п ы т 176

Определение окислительно-восстановительного потенциала хлора

Подготовка. Раствор соляной кислоты (3 : 2). Угольные электроды. Два стакана емкостью 250—300 мл. U-образная трубка (небольшая). Источник постоянного тока (12 в). Вольтметр (демонстрационный).

Выполнение. В стаканы налить соляную кислоту. Наполнив U-образную трубку той же кислотой, опустить ее в стаканы. Она будет служить соединительной трубкой, поэтому в ней не должно быть пузырьков воздуха. В стаканы поместить затем угольные электроды, соединенные с источником постоянного тока. Через 6—10 мин провода отключить от источника тока и присоединить к вольтметру. Стрелка покажет 1,3 в.

О п ы т 177

Определение окислительно-восстановительного потенциала брома

Подготовка. Раствор бромистоводородной кислоты (3 : 2). Угольные электроды. Два стакана емкостью 250—300 мл. U-образная трубка (небольшая). Источник постоянного тока (12 в). Вольтметр.

Выполнение. Налить в стаканы бромистоводородную кислоту. Наполнить кислотой U-образную трубку и опустить ее в стаканы (трубка не должна содержать пузырьков воздуха). Поместить в стаканы угольные электроды, соединенные с источником постоянного тока. Через 6—10 мин отсоединить провода от источника тока и присоединить их к вольтметру. Стрелка покажет 1,0 в (см. табл. 6 окислительно-восстановительных потенциалов приложения).

О п ы т 178

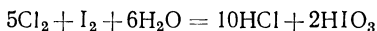
Взаимное вытеснение галогенов

Подготовка. Цилиндры с притертой пробкой емкостью 250 мл. Растворы бромиды и иодида калия. Хлорная вода (свежеприготовленная). Бромная вода. Органический растворитель (CCl_4 , C_{13}).

Выполнение. В цилиндр налить разбавленный раствор бромида калия и постепенно добавлять маленькими порциями хлорную воду. Окраска раствора в цилиндре становится сперва желтой, затем оранжевой — выделяется бром. Следует избегать избытка хлорной воды, так как бром может окислиться в бромноватую кислоту, и раствор снова станет бесцветным. Прилив в цилиндр CCl_4 , закрыть его пробкой, сильно встряхнуть. Когда жидкость отстоится, видно, что окраска растворителя ярко-оранжевая. В другие два цилиндра налить разбавленный раствор иодида калия и добавлять в один хлорную воду (по-немногу), в другой — бромную воду. Растворы в цилиндрах тотчас окрашиваются в желтый цвет, который постепенно темнеет по мере добавления хлорной или бромной воды. Не приливать избытка хлорной воды! Добавление органического растворителя и взбалтывание жидкости в цилиндре позволяет экстрагировать выделившийся иод. Слой растворителя окрасится в фиолетовый цвет.

О п ы т 179

Окисление хлором раствора иода

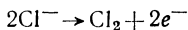


Выполнение. В цилиндр с двумя слоями растворов иода в воде и в органическом растворителе, которые получились в предыдущем опыте, прилить избыток хлорной воды. Закрыть пробкой и сильно встряхнуть. Нижний фиолетовый слой должен стать бесцветным. Если этого не произойдет, слить осторожно верхний слой, прилить еще хлорной воды и опять взболтать. Окраска исчезает — избыток хлора окисляет иод в иодноватую кислоту.

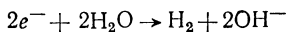
О п ы т 180

Электролиз раствора хлорида натрия

На аноде



На катоде



Подготовка. Большая U-образная трубка. Стакан. Угольные электроды. Концентрированный раствор NaCl .

Крахмал. Фенолфталеин. Раствор иодида калия. Источник постоянного тока (8—12 в).

Выполнение. В стакан налить раствор хлорида натрия и прибавить 1—2 мл раствора иодида калия, крахмала и несколько капель фенолфталеина. Раствор перелить в U-образную трубку. Неплотно вставить в оба колена трубки угольные электроды. После соединения электродов с полюсами источника тока отметить появление красной окраски в растворе у катода и синей у анода. У катода раствор становится щелочным, а выделяющийся у анода хлор окисляет ион иода в свободный иод, который с крахмалом и придает раствору синий цвет. Оба колена трубки — и красное и синее — хорошо заметны на белом фоне.

Примечание. Электролиз раствора хлорида натрия можно проводить без добавки иодида калия. В таком случае лакмус или универсальный индикатор покажет процессы, происходящие у полюсов электролизера.

О п ы т 181

Электролиз раствора иодида калия

Подготовка. Раствор иодида калия (0,5М). Крахмал. Фенолфталеин. Фильтровальная бумага. Лист алюминия. Источник постоянного тока (12 в). Медный электрод с заостренным концом.

Выполнение. Смешать 80 мл раствора иодида калия с 20 мл крахмала (если раствор получился синий, прибавить несколько капель раствора тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и обесцветить раствор). Затем прибавить 10 мл фенолфталеина. Смочить в полученном растворе лист фильтровальной бумаги, положить его на лист алюминия. Алюминий при помощи клеммы соединить с одним из полюсов источника постоянного тока. К другому полюсу присоединить медный электрод и, включив ток, при помощи его написать или нарисовать что-нибудь на бумаге, положенной на лист алюминия. Затем можно поменять полюса. Положительный полюс дают синие буквы, а отрицательный — розовые (выделяется свободный иод, и образуется щелочь).

О п ы т 182

Реакции, дающие сравнительную характеристику свойств галогеноводородов

1. $\text{KCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{KHSO}_4 + \text{HCl}$
2. $2\text{KBr} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
3. $8\text{KI} + 5\text{H}_2\text{SO}_4 = 4\text{I}_2 + \text{H}_2\text{S} + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$

Подготовка. Три демонстрационных бокала или стакана. Хлорид, бромид и иодид калия (сухие соли). Концентрированная серная кислота. Раствор $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

Выполнение. Поместив на белый лист три бокала, насыпать в них по отдельности небольшие порции сухих хлорида, бромида и иодида калия. Затем прилить поочередно в бокалы концентрированную серную кислоту. В бокале с хлоридом калия выделяется бесцветный хлористый водород; с влагой воздуха он образует туман (перенести бокал на черный фон). В бокале с бромидом калия сперва также виден беловатый туман бромистого водорода. Однако вследствие окисления бромистого водорода серной кислотой вскоре в бокале появляются красно-бурые пары брома. Приливание серной кислоты в бокал с иодидом калия вызывает выделение иода: иодистый водород тотчас же окисляется серной кислотой, которая восстанавливается при этом до свободной серы или даже сероводорода. Покрывать бокал фильтром, смоченным раствором соли свинца, — появляется черное пятно.

ХЛОРИСТЫЙ ВОДОРОД

О п ы т 183

Горение водорода в хлоре

Подготовка. Цилиндр, наполненный хлором. Источник водорода (баллон или аппарат Киппа). Раствор лакмуса. Изогнутая стеклянная трубка с оттянутым концом.

Выполнение. Соединить изогнутую стеклянную трубку с источником водорода. Пропустив водород через трубку некоторое время, его поджечь (в случае аппарата Киппа

обязательно испытать предварительно водород на чистоту). Осторожно опустить трубку в цилиндр с хлором. Водород продолжает гореть, пламя удлиняется и приобретает более заметную окраску. По окончании опыта налить в цилиндр синий раствор лакмуса. Он краснеет от образовавшейся соляной кислоты. Если есть еще хлор, не вошедший в реакцию, лакмус обесцвечивается.

О п ы т 184

Синтез хлористого водорода [фотореакция]

При ярком освещении соединение хлора с водородом происходит со взрывом. Подготовка опыта опасна и требует внимания и осторожности.

Производить опыт только под защитной сеткой.

Подготовка. Источник водорода. Прибор для получения хлора. Плоскодонная колба емкостью 200—250 мл с хорошо подобранной резиновой пробкой. Кристаллизатор. Асбестовая сетка. Зажигательная смесь (1 г Mg + 1 г KClO_3). Полоски фильтровальной бумаги, пропитанные раствором нитрата калия и высушенные. Лучинки. Предохранительный ящик со стенками из частой сетки*.

Точно измерить объем хорошо вымытой колбы, разделить его пополам, нанеся на колбу метку восковым карандашом. Наполнив колбу водой, поместить ее вверх дном в кристаллизатор с водой и наполнить водородом до метки (1/2 объема). Затем перенести кристаллизатор и колбу, укрепленную в штативе, в предохранительный ящик. После этого спустить дверцу ящика так, чтобы проходила только рука с отводной трубкой от прибора для получения хлора. Надеть предохранительные очки и слегка затемнить помещение. Поднести к ящику прибор для получения хлора и дополнить хлором колбу вытеснением оставшейся в ней воды. Как только весь объем колбы заполнится, отводную трубку вынуть, прибор убрать и под водой плотно закрыть колбу пробкой. Вытащить из ящика

* Для демонстраций удобен предохранительный ящик, у которого дно деревянное (из фанеры), три стенки — из органического стекла (одна из них должна быть подвижной), четвертая стенка и верх — из частой медной сетки. Примерные размеры ящика 40×40×75 см.

кристаллизатор и спустить дверцу. Ящик тотчас же вынести на демонстрационный стол в аудиторию.

Выполнение. На асбестовую сетку поместить бумагу, пропитанную нитратом калия, на нее насыпать зажигательную смесь (около одной чайной ложки). Штатив с сеткой поместить перед ящиком таким образом, чтобы зажигательная смесь была ниже шарика колбы.

Лучинкой поджечь кончик бумажной полоски. Как только зажигательная смесь вспыхнет, происходит сильный взрыв, вверх взлетает грибообразный клубок хлористого водорода. Колба разлетается в мелкие осколки.

Примечание. Опыт очень эффектен и в аудитории совсем безопасен, так как все осколки колбы остаются внутри ящика. Но подготовка опыта к демонстрации требует тщательной отработки и большой осторожности. Взрыв хлора с водородом может вызвать не только яркий свет, но и катализатор. Им может быть пыль и труха в стенках резиновой трубки, загрязненная или разрезанная поверхность колбы и т. п. В таких случаях взрыв происходит неожиданно в момент заполнения колбы хлором. Поэтому даже после тщательного промывания всех частей прибора колбу следует заполнять хлором только под защитной сеткой в предохранительном ящике.

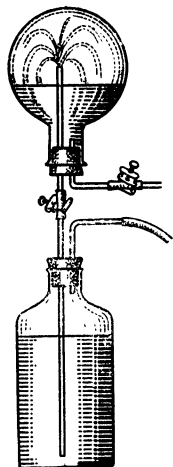


Рис. 16. Прибор для демонстрации растворения газов в воде

О п ы т 185

Растворение хлористого водорода в воде (фонтан)

Подготовка. Растворение хлористого водорода в воде наиболее эффектно можно продемонстрировать в опыте с фонтаном (рис. 16).

Одна над другой укреплены бутыль емкостью около 3 л и круглодонная колба емкостью около 2 л. Бутыль плотно закрыта резиновой пробкой, через которую проходят две стеклянные трубки: одна доходит почти до дна, другая — очень короткая, согнутая под прямым углом (через нее в бутылку вводят воздух). Колба также плотно закрыта резиновой пробкой, через нее проходят две стеклянные трубки: одна с оттянутым концом, который до-

ходит до половины высоты колбы, другая — очень короткая, через нее в колбу поступает хлористый водород. Для получения хлористого водорода следует действовать концентрированной серной кислотой на хлорид аммония (колба Вюрца, капельная воронка). В конце наполнения колбы хлористым водородом будет наблюдаться густой туман у горла колбы. Теперь на стеклянную трубку с оттянутым концом надеть резиновую трубку, на которую надеть винтовой зажим. Зажим плотно закрыть. В бутылку налить воды, подкрашенной лакмусом. Бутылку и колбу, наполненную хлористым водородом, соединить отрезком резиновой трубки (см. рис. 16).

Выполнение. Открыв винтовой зажим, через короткую трубку (в пробке бутылки) вдуть в бутылку немного воздуха. Как только капля воды входит в верхнюю колбу, фонтан начинает действовать. Колба заполняется жидкостью, окрашенной в красный цвет.

О п ы т 186

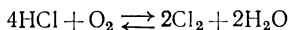
Осаждение хлорида натрия хлористым водородом

Подготовка. Прибор для получения хлористого водорода. Стакан емкостью 500—750 мл. Стеклянная воронка. Насыщенный раствор хлорида натрия.

Выполнение. В большой стакан до половины его объема налить насыщенный раствор хлорида натрия. При помощи резиновой трубки соединить воронку с прибором для получения хлористого водорода. Опустить воронку в стакан с раствором и пропускать газ. Хлористый водород будет растворяться; увеличение концентрации ионов хлора уменьшает растворимость хлорида натрия, и соль в виде мелких кристаллов выпадает из раствора. Чтобы кристаллы были лучше видны, рекомендуется осветить раствор лампой.

О п ы т 187

Процесс Дикона



Подготовка. Источник кислорода. Прибор для получения хлористого водорода. Трехгорная склянка. Термостойкая стеклянная трубка (длина 20—30 см). Пробирка

с отводной трубкой. Раствор иодида калия. Катализатор, нанесенный на кусочки пемзы или крупнопористого силикагеля.

В трехгорлую склянку при помощи резиновых пробок вставить три стеклянные трубки: две длинные, достигающие почти до дна, и одну короткую трубку.

Пробирку с отводной трубкой закрыть резиновой пробкой, через которую почти до дна проходит стеклянная трубка (рис. 17).

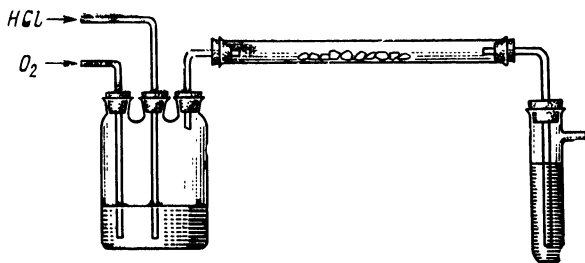


Рис. 17. Прибор для демонстрации процесса Дикона

Для приготовления катализатора в фарфоровую чашку с горячим концентрированным раствором CuCl_2 поместить 15—20 кусочков пемзы величиной с горошину. После того как пемза пропитается раствором, ее вынуть щипцами в тигель или на асбестовую сетку и осторожно нагревать до тех пор, пока пемза не приобретет коричневый цвет. Катализатор хранить в склянке с притертой пробкой. Каждый раз перед опытом его следует слегка прокалить.

Выполнение. Налить в трехгорлую склянку немного серной кислоты (около $1/3$ объема склянки). Через одну трубку, достигающую до дна, в склянку подавать хлористый водород, через другую — кислород (из баллона). Третью трубку (короткую) соединить с термостойкой стеклянной трубкой с катализатором. Другой конец этой трубки соединить с пробиркой, наполненной раствором иодида калия. Отрегулировав ток газов, нагревать пламенем газовой горелки ту часть трубки, где находится катализатор. Через некоторое время раствор в пробирке пожелтеет: образовавшийся хлор вытесняет иод из иодида калия.

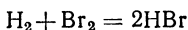
Для быстрого обнаружения иода в раствор можно заранее добавить крахмал. Если газы не проходят через раствор KI, отводную трубку пробирки присоединить к водоструйному насосу.

Примечание. Демонстрируя этот опыт, можно пользоваться не трехгорлой склянкой для смешивания газов, а тройником.

БРОМИСТЫЙ ВОДОРОД

О п ы т 188

Горение водорода в парах брома

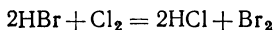


Подготовка. Источник водорода (баллон или аппарат Киппа). Стекланный цилиндр с пришлифованной пластинкой. Согнутая стекланныя трубка для горения водорода. Бром.

Выполнение. Стекланный цилиндр наполнить парами брома. Для этого открыть склянку с бромом и осторожно наклонить ее над цилиндром. Тяжелые пары брома, падая вниз, наполняют цилиндр. Пропустить водород через стекланныю трубку и затем поджечь его. (Если используется аппарат Киппа, обязательна проверка водорода на чистоту.) Теперь трубку медленно внести в цилиндр с парами брома. Водород продолжает гореть, пламя бледное. Окраска паров брома постепенно исчезает.

О п ы т 189

Взаимодействие бромистого водорода с хлором



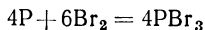
Подготовка. Два цилиндра одинакового диаметра с пришлифованными пластинками. Один цилиндр наполнен хлором, другой — бромистым водородом.

Для получения бромистого водорода можно предложить два способа:

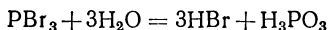
1. Действие на бромид калия серной кислоты (3 : 1); следует применять серную кислоту только указанной кон-

центрации, так как при взаимодействии бромида калия с концентрированной серной кислотой образуются бром и сернистый газ (см. начало раздела «Галогеноводороды»).

2. Взаимодействие брома, красного фосфора и воды. В колбу помещается красный фосфор (около 10 г) и вода (20 мл), в капельную воронку — бром. Бром вводить в колбу небольшими порциями. Сначала бром может вызвать воспламенение фосфора, затем реакция идет спокойнее:



Трехбромистый фосфор тотчас гидролизуетсЯ с образованием бромистого водорода:



Бромистый водород проходит через U-образную трубку, наполненную стеклянной ватой и красным фосфором, освобождается от паров брома и собирается в цилиндре.

Выполнение. На цилиндр с хлором поставить цилиндр с бромистым водородом. Убрать стеклянные пластинки и пригнать цилиндры друг к другу. Более тяжелый бромистый водород устремляется вниз. Газы перемешиваются и взаимодействуют друг с другом. Появляются пары брома.

О п ы т 190

Растворение бромистого водорода в воде

Бромистый водород растворяется в воде лучше хлористого водорода. Растворимость газа можно демонстрировать тем же способом, который описан для хлористого водорода (см. опыт 185).

Примечание. Аналогичным способом можно показать растворение в воде иодистого водорода.

ИОДИСТЫЙ ВОДОРОД

О п ы т 191

Взаимодействие иодистого водорода с хлором



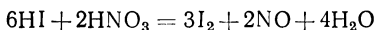
Подготовка. Цилиндр с хлором, цилиндр с иодистым водородом (цилиндры покрыты шлифованными пластинками).

Для получения иодистого водорода используют реакцию взаимодействия иода, красного фосфора и воды (см. получение бромистого водорода). В колбу поместить кристаллический иод, в капельную воронку — очень жидкую кашицу красного фосфора с водой. Кашицу по частям переводить в колбу с иодом. Образующийся трииодистый фосфор гидролизуетсЯ с образованием иодистого водорода. Газ проходит через U-образную трубку, наполненную стеклянной ватой, смешанной с небольшим количеством красного фосфора, освобождается от паров иода и собирается в цилиндре. Наполнить несколько цилиндров.

Выполнение. Поставить друг на друга цилиндры с хлором и иодистым водородом: цилиндр с хлором должен быть сверху. Вынуть стекла, разделяющие цилиндры. Появляются пары иода, иногда это сопровождается вспышкой. Вверху цилиндра с хлором виден желтый налет — это ICl_3 .

О п ы т 192

Взаимодействие иодистого водорода с дымящей азотной кислотой



Подготовка. Цилиндр, наполненный иодистым водородом. Дымящая азотная кислота (пл. 1,5). Пробирки. Держалка для пробирок.

Выполнение. Нагрев почти до кипения дымящую азотную кислоту, налитую в пробирку (около 1/3 объема), влить ее в цилиндр с иодистым водородом (держалка!). Тотчас происходит красивая вспышка, над цилиндром появляются языки красновато-оранжевого пламени, клубы фиолетовых и бурых паров. Стенки цилиндра покрываются темным налетом иода.

О п ы т 193

Термическая диссоциация иодистого водорода

Подготовка. Цилиндр, наполненный иодистым водородом. Толстая стеклянная палочка.

Выполнение. Накалить докрасна конец толстой стеклянной палочки в пламени газовой горелки. Открыть цилиндр

с иодистым водородом и медленно внести в него палочку. Вынимая палочку из цилиндра, у самого края его сделать более резкое движение. На границе раздела иодистый водород — воздух произойдет вспышка, виден язычок пламени и фиолетовый дымок. Для повторения вспышки следует опускать палочку в цилиндр все глубже и глубже.

ФТОРИСТЫЙ ВОДОРОД

Работа с фтористым водородом представляет большие трудности и даже опасность. Поэтому здесь предлагается только один из наиболее простых опытов с раствором фтористого водорода.

О п ы т 194

Травление стекла плавиковой кислотой

Подготовка. Стеклянная пластинка, покрытая парафином (или воском). Игла или гвоздь. Помазок. Плавиковая кислота. Бензин.

Выполнение. Нацарапать иглой или гвоздем на пластинке, покрытой парафином, какое-нибудь слово. Бороздки, проведенные иглой, должны доходить до поверхности стекла. Затем помазком нанести на пластинку плавиковую кислоту (осторожно, избегать попадания кислоты на руки!) и так оставить на несколько минут. Смыть плавиковую кислоту большим количеством воды и снять бензином парафин. На пластинке будет четко видно написанное слово.

КИСЛОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ГАЛОГЕНОВ

О п ы т 195

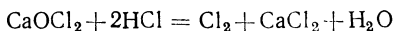
Взаимодействие белильной извести с индиго

Подготовка. Раствор индиго. Белильная известь. Стакан емкостью 300—500 мл. Стеклянная палочка.

Выполнение. Налить в стакан раствор индиго; добавить небольшое количество белильной извести. Содержимое стакана размешать стеклянной палочкой. Наблюдается быстрое обесцвечивание раствора.

О п ы т 196

Взаимодействие белильной извести с соляной кислотой

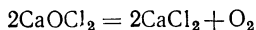


Подготовка. Цилиндр емкостью 200—250 мл. Бумажный фильтр. Белильная известь. Концентрированная соляная кислота. Раствор иодида калия.

Выполнение. В стеклянный цилиндр положить немного белильной извести. Прилить в него несколько миллилитров концентрированной соляной кислоты. Выделяющийся при реакции хлор заметен: цилиндр заполняется желто-зеленым газом. Можно покрыть цилиндр бумажным фильтром, смоченным раствором иодида калия. На фильтре будет заметно темное пятно выделившегося иода.

О п ы т 197

Каталитическое разложение белильной извести



Подготовка. Большая пробирка. Раствор нитрата кобальта. Раствор белильной извести.

Для приготовления концентрированного раствора белильной извести следует приготовить кашицу из белильной извести в теплой воде. Кашицу оставить стоять в течение 30 мин, затем отфильтровать.

Выполнение. Налить раствор белильной извести в большую пробирку и нагреть раствор в пламени спиртовки примерно до 70° С. Затем прибавить несколько капель раствора нитрата кобальта. Тотчас начнется обильное выделение газа из раствора. Показать, что выделяется кислород: поднести к пробирке тлеющую лучинку, — она вспыхивает.

О п ы т 198

Взрыв смеси хлората калия с красным фосфором

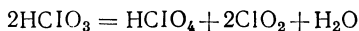
Подготовка. Небольшая наковальня. Молоток. Глянцевая бумага (лучше — тонкая фольга, например от конфет). Два шпателя. Лучинка. Хлорат калия. Красный фосфор.

Выполнение. Очень малое количество хлората калия (на кончике шпателя или перочинного ножа) и вдвое меньшее количество красного фосфора поместить на небольшой листок фольги и осторожно перемешать лучинкой (вещества брать разными шпателями). Осторожно, не сдавливая смесь, свернуть пакетик и положить его на наковальню. При ударе молотком раздается сильный взрыв.

Не брать реагирующие вещества в больших количествах.

О п ы т 199

Горение белого фосфора под водой



Двуокись хлора поджигает фосфор.

Подготовка. Хлорат калия. Белый фосфор (маленькие кусочки в баночке с водой). Концентрированная серная кислота. Воронка с длинным концом (к обычной воронке припаять отрезок стеклянной трубки). Бокал емкостью 300—500 мл (рис. 18).

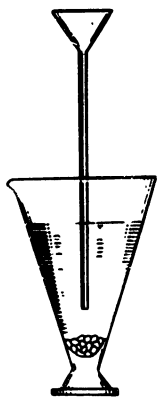


Рис. 18. Прибор для демонстрации горения белого фосфора под водой

Выполнение. Бокал наполнить водой почти доверху и внести 1—2 ложки KClO_3 . Хлорат калия мало растворяется в воде и остается в виде слоя кристаллов на дне бокала. Затем в бокал бросить несколько маленьких кусочков белого фосфора. Укрепить в штативе воронку с длинным концом. Конец воронки опустить в бокал так, чтобы он доходил почти до слоя KClO_3 и фосфора. Конец воронки не опускать в слой соли, так как в трубку воронки могут попасть кристаллы и может начаться реакция при добавлении кислоты. Теперь в воронку небольшими порциями наливать концентрированную серную кислоту. Как только кислота соприкоснется с хлоратом калия, раздается потрескивание, жидкость окрасится в желтый цвет (выделяется двуокись хлора), фосфор подпрыгивает под водой и бурно горит.

Не приливать больших порций серной кислоты.

По окончании опыта непрореагировавшие кусочки фосфора вынуть пинцетом и поместить в баночку с водой, а оставшийся хлорат калия растворить в большом количестве воды.

О п ы т 200

Вспышка смеси хлората калия с сахаром

Подготовка. Керамическая пластинка. Ложечка. Пипетка. Концентрированная серная кислота. Смесь хлората калия KClO_3 и сахарной пудры (1:1).

Для приготовления смеси следует очень осторожно растереть в фарфоровой ступке 1—1,5 г хлората калия и перемешать его с сахарной пудрой. (В ступке растирать только хлорат калия, а не смесь!)

Выполнение. Положить на керамическую пластинку немного приготовленной смеси и капнуть из пипетки 1—2 капли концентрированной серной кислоты. Тотчас начинается бурная реакция: сахар горит, превращаясь в пористую массу. Пламя имеет очень красивый сиреневатый оттенок (окраска определяется солями калия).

О п ы т 201

Взрыв при взаимодействии хлората калия с серной кислотой

Подготовка. Пробирки. Спиртовка. Предохранительный ящик. Хлорат калия (KClO_3). Концентрированная серная кислота.

Выполнение. Пробирку с небольшим количеством хлората калия укрепить в штативе и поместить в предохранительный ящик. (Укрепить пробирку следует так, чтобы пламя горящей спиртовки могло касаться дна пробирки.) Приготовив спиртовку, прибавить в пробирку с хлоратом калия немного концентрированной кислоты (кислоты нужно ровно столько, сколько требуется, чтобы смочить соль). Содержимое пробирки сразу же желтеет (ClO_2). Быстрым движением подставить горящую спиртовку под пробирку. (Руку убрать!) Раздается взрыв, слышен резкий характерный звук. Пробирка может разорваться на куски!

Горение хлората калия в светильном газе

Подготовка. Ламповое цилиндрическое стекло (оно закрыто с одного конца пробкой, через которую проходит стеклянная трубка, согнутая под прямым углом). Железная ложечка с длинным стержнем. Хлорат калия KClO_3 .

Выполнение. Ламповое стекло укрепить в штативе и через стеклянную трубку соединить с газовым краном. Открыть газовый кран и, выждав некоторое время (для вытеснения воздуха), поджечь светильный газ у верхнего отверстия стекла. (Газовым краном можно отрегулировать величину пламени.) Хлорат калия нагреть в пламени газовой горелки до начала выделения кислорода (наблюдается «вскипание») и ввести ложечку в ламповое стекло. При соприкосновении с пламенем светильного газа расплавленного хлората калия происходит вспышка, видно ослепительное фиолетовое пламя.

О п ы т 203

Разложение ангидрида иодноватой кислоты

Разложение окислов хлора происходит очень энергично, со взрывом (см. опыты 199—201). Напротив, разложение ангидрида иодноватой кислоты протекает очень спокойно.

Подготовка. Железная ложечка. Белый экран. Ангидрид иодноватой кислоты (I_2O_5).

Ангидрид иодноватой кислоты можно получить, слегка нагревая кристаллическую иодноватую кислоту.

Выполнение. Положив немного I_2O_5 на железную ложечку, нагревать ее в пламени газовой горелки. Вскоре вещество начинает разлагаться: над ложечкой видны фиолетовые пары иода (белый экран). Разложение идет очень спокойно.

IX. СЕРА

О п ы т 204

Получение пластической серы

Подготовка. Черенковая сера. Большая пробирка с держалкой для нее. Стакан емкостью 2—3 л. Щипцы.

Выполнение. Наполнить большую пробирку измельченной черенковой серой и нагревать в пламени газовой горелки. Сера темнеет, плавится, становится подвижной; затем теряет подвижность, вновь расплавляется и закипает. Расплавленную серу вылить тонкой струйкой в приготовленный стакан с холодной водой. При резком охлаждении расплавленная сера превращается в пластическую; на дне стакана она собирается в виде тонких, мягких тягучих нитей. Вынув щипцами серу из стакана, показать ее тягучесть. Спустя полчаса пластическая сера утрачивает тягучесть, ее поверхность покрывается желтоватым налетом кристаллической серы.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СЕРЫ С МЕТАЛЛАМИ И НЕМЕТАЛЛАМИ

О п ы т 205

Взаимодействие серы с железом

Подготовка. Серный цвет или растертая черенковая сера. Восстановленное железо (пыль). Фарфоровая ступка. Керамическая пластинка. Стеклянная палочка.

До демонстрации опыта приготовить смесь серы и железа в соотношениях 4 вес. ч. серы и 6 вес. ч. железа. Отвесив необходимые количества серы и железа, тщательно их перемешать, растирая пестиком в фарфоровой ступке.

Выполнение. Приготовленную смесь насыпать кучкой на керамическую пластинку. Накалить в пламени горелки стеклянную палочку и раскаленным концом дотронуться до смеси. В месте соприкосновения начинается идущая с большим выделением тепла реакция образования суль-

фида железа. Реакция распространяется по всей смеси: получается раскаленная масса сульфида железа. Если стеклянную палочку не отнимать, стекло приплавляется к сульфиду железа. Подняв, его можно показать.

О п ы т 206

Взаимодействие серы с медью

Подготовка. Сера. Медная пластинка. Большая пробирка. Щипцы.

Выполнение. Наполненную почти до половины кусочками серы пробирку укрепить в штативе и нагревать пламенем газовой горелки. Сера плавится и закипает. Тогда взять щипцами медную пластинку и, предварительно нагрев, ввести ее в пробирку. Медная пластинка загорается.

О п ы т 207

Взаимодействие серы с цинком

Подготовка. Серный цвет, цинковая пыль. Керамическая пластинка. Лучинка.

Перед демонстрацией приготовить смесь серного цвета и цинковой пыли в весовых соотношениях 1 : 2.

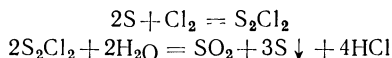
Выполнение. Приготовленную смесь насыпать кучкой на керамическую пластинку. Зажечь лучинку и прикоснуться ею к смеси серы и цинка. Тотчас начинается реакция.

Примечание. Для выполнения этого опыта необходима цинковая пыль особой чистоты (восстановленная).

Так же реагируют с серой магний и алюминий.

О п ы т 208

Получение полухлористой серы и ее гидролиз



Подготовка. Черенковая сера. Теплая вода, щелочь. Прибор для получения хлора (стр. 109). Термостойкая стеклянная трубка длиной 25—30 см с шарообразным

расширением посередине (рис. 19). Пробирка. Форштос с отводной трубкой. Два стакана емкостью 250—500 мл.

Выполнение. Укрепить в штативе стеклянную трубку, положив предварительно в шарик несколько кусочков серы. С одной стороны соединить трубку с прибором для получения хлора, с другой стороны надеть форштос с отводной трубкой и пробиркой к нему. Отводную трубку форштоса соединить с отрезком стеклянной трубки, которая опущена в стакан с раствором щелочи. Трубка должна быть над раствором!

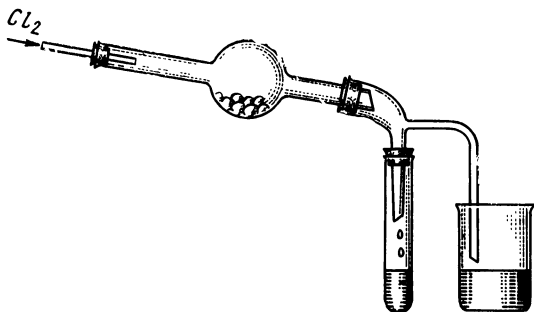


Рис. 19. Прибор для получения полухлористой серы

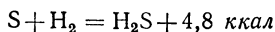
Пропускать через прибор хлор и нагревать шарик с серой пламенем горелки. Через некоторое время в пробирке начнет собираться тяжелая жидкость желтоватого цвета (S_2Cl_2) с неприятным запахом. Когда соберется несколько миллилитров жидкости, вылить содержимое пробирки в стакан с теплой водой. Происходит гидролиз S_2Cl_2 , выделяется сера, жидкость в стакане мутнеет.

Примечание. Рекомендуются сделать прибор, используемый для получения полухлористой серы, на шлифах.

СЕРОВОДОРОД

Сероводород ядовит, поэтому при работе с ним необходимо строго соблюдать меры предосторожности. Работать только в вытяжном шкафу! Демонстрационный стол должен быть снабжен вытяжным устройством.

Синтез сероводорода при нагревании

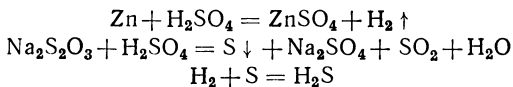


Подготовка. Сера. Раствор нитрата или ацетата свинца. Источник водорода (баллон или аппарат Киппа). Термостойкая стеклянная трубка (длиной 25—30 см с шариком посередине). Склянка Тищенко с концентрированной серной кислотой. Стакан. Стеклянная трубка согнутая под прямым углом.

Выполнение. Укрепить в штативе стеклянную трубку, в шарик которой помещены кусочки серы. Источник водорода соединить с промывной склянкой, последнюю соединить с трубкой (промывная склянка нужна не столько для сушки газа, сколько для регулирования подачи его при реакции). Конец трубки закрыть пробкой; через пробку проходит согнутая под прямым углом и опущенная в стакан с раствором соли свинца стеклянная трубка. Пропустить через прибор сильный ток водорода. Через 2—3 мин, когда из прибора уже вытеснен весь воздух, ток газа уменьшить и начать нагревать трубку. Сперва, водя пламенем горелки вдоль трубки, прогреть ее всю, затем нагревать шарик с серой. Сера плавится, кипит; водород, проходя над кипящей серой, взаимодействует с ней. Таким способом удастся получить очень малые количества сероводорода. Током водорода его выносит из трубки. Образовавшийся сероводород проходит через раствор соли свинца, появляется черный осадок сульфида свинца.

О п ы т 210

Получение сероводорода при взаимодействии серы и водорода в момент выделения



Подготовка. Раствор тиосульфата натрия (0,5 М). Серная кислота (1 : 4). Гранулированный цинк. Раствор нитрата или ацетата свинца. Бумажный фильтр. Широкий цилиндр или стакан емкостью 500 мл.

Выполнение. В широкий цилиндр налить серной кислоты (1 : 4) и бросить гранулированный цинк. Начинается обильное выделение водорода. Теперь прилить в цилиндр раствор тиосульфата натрия. Через некоторое время в цилиндре появляется муть — выделяется сера. Образующиеся сера и водород взаимодействуют между собой. Сероводород можно обнаружить, покрыв цилиндр бумажным фильтром, смоченным раствором соли свинца. На фильтре видно черное пятно сульфида свинца.

О п ы т 211

Получение сероводорода при нагревании парафина с серой

Подготовка. Фарфоровая чашка с парафином (в порошке). Сера (в порошке). Треножник. Асбестовая сетка. Раствор нитрата или ацетата свинца. Бумажный фильтр.

Выполнение. В фарфоровую чашку с парафином внести серу: вещества берутся примерно в равных по объему количествах. Чашку поставить на асбестовую сетку, положить на треножник, и нагревать пламенем газовой горелки. Через некоторое время поднести к чашке фильтр, смоченный раствором соли свинца. На фильтре будет видно черное пятно сульфида свинца.

О п ы т 212

Горение сероводорода

Подготовка. Прибор, для получения сероводорода: колба Вюрца, капельная воронка. Сернистое железо в кусках. Серная кислота (1 : 5). Стеклоанная трубка с оттянутым концом. Лучинка. Фарфоровая чашка.

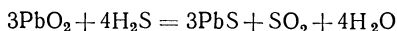
Для получения сероводорода положить в колбу Вюрца сернистое железо (куски небольшого размера), в капельную воронку налить серную кислоту. Если при соприкосновении веществ сероводород выделяется очень медленно, можно слегка нагреть колбу пламенем спиртовки.

Выполнение. К прибору для получения сероводорода на длинной резиновой трубке присоединить стеклянную

трубку с оттянутым концом. Начать получать сероводород, выждать некоторое время (помнить, что при поджигании смесь сероводорода с воздухом взрывается; убедиться, что взрывчатой смеси нет, собрать газ в пробирку и поджечь). Поднеся горящую лучинку к концу стеклянной трубки, поджечь газ. Сероводород горит голубоватым пламенем. Если внести в пламя фарфоровую чашку, ее дно покрывается желтым налетом серы. Можно водить пламенем горящего сероводорода по поверхности воды, налитой в большой кристаллизатор — на поверхности появляются причудливые узоры.

О п ы т 213

Воспламенение сероводорода двуокисью свинца

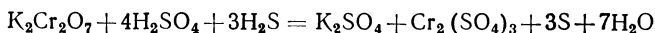
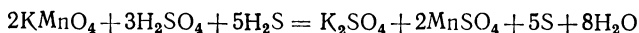


Подготовка. Прибор для получения сероводорода (см. предыдущий опыт). Двуокись свинца. Керамическая пластинка. Металлическая ложечка. Стеклянная трубка с оттянутым концом.

Выполнение. К прибору для получения сероводорода присоединить стеклянную трубку с оттянутым концом. Начать получение H_2S . Теперь положить на керамическую пластинку ложечку двуокиси свинца. Направить ток сероводорода, выходящий из трубки, на PbO_2 . Сероводород загорается; горит голубоватым пламенем.

О п ы т 214

Взаимодействие сероводорода с перманганатом и бихроматом калия



Подготовка. Сильно разбавленные растворы перманганата и бихромата калия. Серная кислота (1 : 5). Свежеприготовленный раствор сероводородной воды. Демонстрационные бокалы или стаканы.

Для получения сероводородной воды следует некоторое время пропускать сероводород в склянку с холодной дистиллированной водой.

Выполнение. Взять два бокала. В первый налить сильно разбавленный раствор перманганата калия, во второй — бихромат калия (белый фон). Оба раствора подкислить серной кислотой и прилить к ним сероводородной воды. Раствор в первом бокале обесцветится, во втором станет ярко-зеленым; затем появится муть от выделившейся серы.

О п ы т 215

Получение сульфидов

Подготовка. Растворы: 0,5 *M* ацетат цинка $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$; 0,5 *M* хлорид марганца MnCl_2 ; 0,5 *M* сульфат кадмия CdSO_4 ; 0,5 *M* хлорид сурьмы SbCl_3 ; 0,5 *M* хлорид олова SnCl_2 ; 0,5 *M* ацетат свинца $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$; 0,5 *M* сульфат меди CuSO_4 . Свежеприготовленный раствор сероводородной воды (см. опыт 214), раствор сульфида аммония. Стаканы емкостью 100—200 мл.

Выполнение. Разлить в стаканы растворы солей, указанных выше (белый фон), и прибавить сероводородную воду. В стаканах образуются осадки различных цветов: белый ZnS , желтый CdS , оранжевый Sb_2S_3 , коричневый SnS , черный PbS и черный CuS . Светло-розовый осадок MnS выпадает только при добавлении раствора сульфида аммония.

КИСЛОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СЕРЫ. СЕРНИСТЫЙ ГАЗ

Для получения сернистого газа используется реакция взаимодействия сульфита натрия с концентрированной серной кислотой. Сульфит натрия поместить в колбу Вюрца, в капельную воронку налить серную кислоту. Предварительно следует заполнить серной кислотой длинный носик капельной воронки (пользоваться грушей). Из капельной воронки спускать по каплям кислоту. Выделяющийся газ собирать в цилиндры, вытесняя из них воздух. Наполненные газом цилиндры закрыть пришлифованными

пластинками или просто стеклянными пластинками; в последнем случае обильно смазать края цилиндров вазелином.

О п ы т 216

Растворение сернистого газа в воде

Подготовка. Цилиндр, наполненный сернистым газом. Кристаллизатор с водой. Индикатор.

Выполнение. В кристаллизатор, на $3/4$ наполненный водой, подкрашенной индикатором, опустить закрытый шлифованной пластинкой перевернутый цилиндр с сернистым газом. Под водой открыть цилиндр. Сернистый газ растворяется в воде, она заполняет цилиндр. Индикатор показывает кислую реакцию (белый фон).

О п ы т 217

Затухание свечи (лучинки) в сернистом газе

Подготовка. Цилиндр, наполненный сернистым газом. Свеча, укрепленная на металлической ложечке на длинном стержне. Лучинка.

Выполнение. Зажечь свечу (или лучинку) и медленно внести ее в цилиндр с сернистым газом. Свеча тотчас гаснет.

О п ы т 218

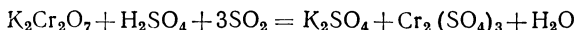
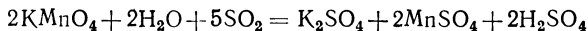
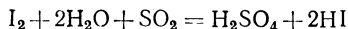
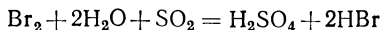
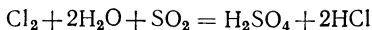
Горение магния в сернистом газе

Подготовка. Цилиндр с сернистым газом. Металлическая ложечка на длинном стержне. Магний в порошке (или лента).

Выполнение. Насыпав на металлическую ложечку порошок магния, поджечь его в пламени газовой горелки и тотчас (как можно скорее!) внести ложечку в цилиндр с сернистым газом. Магний продолжает гореть.

О п ы т 219

Взаимодействие сернистого газа с окислителями



Подготовка. Цилиндры с сернистым газом. Сильно разбавленные растворы хлорной и бромной воды, иода в иодиде калия, перманганата и бихромата калия.

Растворы KMnO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ подкислить серной кислотой (1 : 5).

Выполнение. Поочередно влить приготовленные растворы по 30—50 мл в цилиндры с сернистым газом. Цилиндры встряхнуть.

Бромная, иодная вода и раствор перманганата калия обесцветятся, а оранжевый раствор бихромата калия станет зеленым (белый фон).

Примечание. Этот опыт можно демонстрировать иначе: к перечисленным растворам прибавить раствор сернистой кислоты H_2SO_3 . Для получения этого раствора следует заранее пропустить сернистый газ в холодную дистиллированную воду.

О п ы т 220

Взаимодействие сернистого газа с перекисью натрия

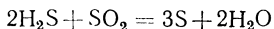
Подготовка. Прибор для получения сернистого газа (см. стр. 137). Перекись натрия Na_2O_2 . Стакан емкостью 100—200 мл. Стеклянная трубка с оттянутым концом.

Выполнение. В стакан положить кусочек листового асбеста и насыпать перекиси натрия. Присоединив к прибору для получения сернистого газа трубку с оттянутым концом, направить ток SO_2 на перекись натрия.

Перекись сгорает красивыми белыми искрами.

О п ы т 221

Взаимодействие сернистого газа с сероводородом



Подготовка. Два цилиндра с шлифованными пластинками: один с сернистым газом, другой — с сероводородом. Стакан с водой.

Выполнение. Поставить цилиндры, наполненные газами, друг на друга: цилиндр с SO_2 сверху. Вынуть шлифованные пластинки. Соединенные цилиндры можно перевернуть несколько раз для лучшего смешения газов.

Вскоре на стенках цилиндров появится желтый налет выделившейся серы. Взяв за верхний цилиндр, можно поднять их: цилиндры не разъединяются.

Примечание. Если сухие цилиндры наполнены сухими SO_2 и H_2S , то при соприкосновении их никакого взаимодействия не происходит. Каталитическое действие оказывает вода. Ввести немного воды в нижний цилиндр; тотчас происходит взаимодействие между газами, на стенках появляется налет серы.

СЕРНАЯ КИСЛОТА

О п ы т 222

Получение серной кислоты контактным способом

Подготовка. Источник кислорода (баллон или газометр). Прибор для получения сернистого газа (см. стр. 137). Слянки Тищенко с концентрированной серной кислотой. Стекланный тройник. Трубка, согнутая под прямым углом. Стакан. Термостойкая стеклянная трубка длиной 30—35 см. Колбы А и Б емкостью 250—300 мл (рис. 20). Раствор BaCl_2 . Платинированный асбест. Раствор метилового оранжевого.

Собрать прибор по рис. 20. В трубку В поместить рыхлый слой платинированного асбеста, чтобы он занял часть трубки длиной 5—6 см. В стакан налить воды. Важно, чтобы конец трубки не доходил до поверхности воды.

Выполнение. Соединить прибор для получения сернистого газа и источник кислорода через слянки Тищенко

с серной кислотой и через тройник с колбой *А*. Начать подавать газы; нагревать термостойкую стеклянную трубку. Сперва прогреть всю трубку, водя пламенем газовой горелки вдоль нее. Затем сосредоточить нагревание в том месте, где находится катализатор (необходима температура 300—400° С). Обратить внимание на то, что смесь газов на входе (в колбе *А*) бесцветна, а в колбе *Б* на выходе из трубки с катализатором появляется густой белый туман (черный фон). Это серный ангидрид. Серный ангидрид

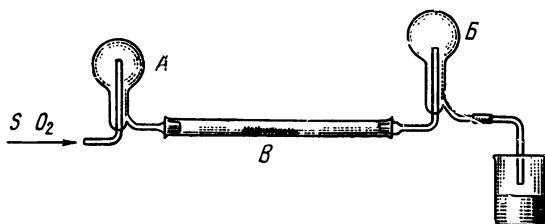


Рис. 20. Прибор для демонстрации контактного способа получения серной кислоты

растворяется в воде (для лучшего растворения его рекомендуется помешивать в стакане стеклянной палочкой). Через некоторое время прекратить подачу газов и нагревание. Разлить жидкость из стакана, где происходило растворение серного ангидрида, в два бокала. В один прибавить раствор хлорида бария (подкислив раствором HCl) — появляется белый осадок сульфата бария (черный фон); в другой налить несколько капель метилового оранжевого — цвет раствора розовый (белый фон).

О п ы т 223

Получение серной кислоты камерным способом

Подготовка. Приборы для получения сернистого газа и двуокиси азота (см. стр. 137 и 159). Источник кислорода. Колба емкостью 3—4 л. Две склянки Тищенко с концентрированной серной кислотой. Стакан. Горячая вода. Раствор хлорида бария.

В колбу через пробку вставить трубки, согнутые под прямым углом: три из них длинные, примерно равные

высоте колбы, четвертая трубка короткая. Длинные трубки служат для ввода в камеру SO_2 , NO_2 и O_2 , короткая трубка служит для сообщения с воздухом.

Выполнение. Колбу-камеру соединить с источником кислорода и прибором для получения сернистого газа (через склянки Тищенко с серной кислотой) и с прибором для получения двуокиси азота. Наполнить ее двуокисью азота (белый фон). Затем, прекратив доступ двуокиси азота в колбу, направить в нее сернистый газ и кислород. Происходит постепенное обесцвечивание двуокиси азота: в результате взаимодействия сернистого газа и двуокиси азота образуются серный ангидрид и окись азота. Взаимодействие серного ангидрида с окислами азота приводит к образованию нитрозилсерной кислоты $\text{HO}-\text{SO}_3-\text{NO}_2$, которая в виде бесцветных кристаллов покрывает стенки колбы — так называемые камерные кристаллы (черный фон!).

Разобрать прибор и влить в колбу немного горячей воды: камерные кристаллы растворяются, образуя серную кислоту. Вылить содержимое колбы в стакан и прибавить раствор хлорида бария. Образуется белый осадок сульфата бария (черный фон).

О п ы т 224

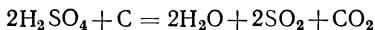
Обугливание органических веществ серной кислотой

1. Обугливание бумаги.

Подготовка. Лист фильтровальной бумаги. Серная кислота (1 : 5). Лучинка или стеклянная палочка. Спиртовка.

Выполнение. Смочив лучинку раствором серной кислоты, написать что-нибудь на листе фильтровальной бумаги. Затем осторожно высушить лист над пламенем спиртовки. Вода испаряется, а серная кислота обугливает бумагу в местах, где произведена надпись.

2. Обугливание сахара.



Подготовка. Сахарная пудра, 16 г. Концентрированная серная кислота. Стакан емкостью 50 мл. Стеклянная палочка.

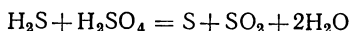
Выполнение. Поместить в стакан 16 г сахарной пудры и влить 10 мл концентрированной H_2SO_4 . Быстро перемешать. Сахар тотчас чернеет, через минуту масса в стакане вспучивается и быстро вылезает из стакана в виде рыхлой ноздреватой колбаски.

При реакции выделяется значительное количество тепла. Серная кислота не только отнимает воду от сахара, но и реагирует с углем (образуются SO_2 , CO_2 и пары воды). Обильное газообразование вспучивает массу, делает ее пористой и выталкивает из стакана.

Примечание. Этот опыт можно продемонстрировать и другим способом. В большой стакан емкостью около 2 л поместить 60 г сахарной пудры, влить 45—50 мл горячей воды и размешать стеклянной палочкой. К образовавшемуся сиропу прилить 60 мл концентрированной серной кислоты и снова размешать. Происходит почернение массы в стакане, она вспучивается и быстро поднимается вверх, достигая краев стакана.

О п ы т 225

Взаимодействие сероводорода с серной кислотой

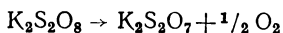


Подготовка. Стеклянный цилиндр, наполненный сероводородом. Пробирка и держалка к ней. Концентрированная серная кислота (пл. 1,84).

Выполнение. Налить в пробирку серной кислоты и влить ее в цилиндр с сероводородом. Закрыть цилиндр пришлифованной стеклянной пластинкой. Через некоторое время стенки цилиндра покрываются желтым налетом выделившейся серы.

О п ы т 226

Разложение надсерноокислого калия



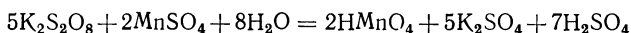
Подготовка. Надсерноокислый калий. Большая пробирка с держалкой к ней. Лучинка. Спиртовка.

Выполнение. Положив надсерноокислый калий в большую пробирку (около 1/5 объема), нагревать в пламени

спиртовки. Через некоторое время внести в пробирку тлеющую лучинку. Она загорается: при разложении надсернистого калия выделяется кислород.

О п ы т 227

Взаимодействие надсернистого калия с солью марганца (II)



Подготовка. Растворы: сульфат марганца, азотнокислое серебро. Концентрированная азотная кислота. Надсернистый калий $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, сухая соль. стакан емкостью 200—300 мл. Вода. Электрическая плитка. Металлическая ложечка или шпатель.

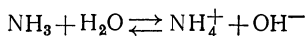
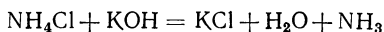
Выполнение. В стакан налить воды. Прибавить 1—2 капли (но не больше) раствора сульфата марганца. Подкислить концентрированной HNO_3 , прибавить две ложки сухого надсернистого калия и около 1 мл раствора AgNO_3 (он служит катализатором). стакан поставить теперь на электрическую плитку. Вскоре содержимое стакана начинает окрашиваться в ярко-розовый цвет; образуется ион перманганата.

Х. АЗОТ

ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ АЗОТА. АММИАК

О п ы т 228

Получение аммиака. Растворение N_3H в воде



Подготовка. Хлорид аммония (15—20 г). Щелочь 10—12 г. Фенолфталеин. Стакан емкостью 2—3 л. Колба емкостью около 2 л с резиновой пробкой.

В пробку вставить стеклянную П-образную трубку. Длинный конец трубки должен доходить почти до дна стакана. Стакан наполнить водой и прибавить 5—6 капель фенолфталеина.

Выполнение. В колбу поместить хлорид аммония и прибавить 10—12 мл воды. Затем внести приготовленную навеску щелочи и быстро закрыть колбу пробкой с трубкой, конец которой опустить в стакан с водой. Сначала идет бурное выделение аммиака. Пузырьки его проходят через воду в стакане. Вода становится красной. Затем скоро реакция замедляется, и вода из стакана начинает переливаться в колбу.

О п ы т 229

Растворение аммиака в воде (фонтан)

Верхнюю колбу (см. опыт 185) наполнить газообразным аммиаком. В нижнюю склянку налить воду и прибавить 5—6 капель фенолфталеина. Демонстрировать этот опыт так же, как и опыт 185.

Для получения аммиака использовать колбу Вюрца и капельную воронку. В колбу поместить кусочки щелочи, а капельную воронку наполнить концентрированным раствором аммиака.

Сжижение аммиака

Жидкий аммиак (тем. кип. — $33,4^{\circ}\text{C}$) является хорошим растворителем для некоторых солей. Он обладает также способностью растворять щелочные металлы, при этом образуются растворы синего цвета. При стоянии растворы медленно разлагаются с выделением водорода.

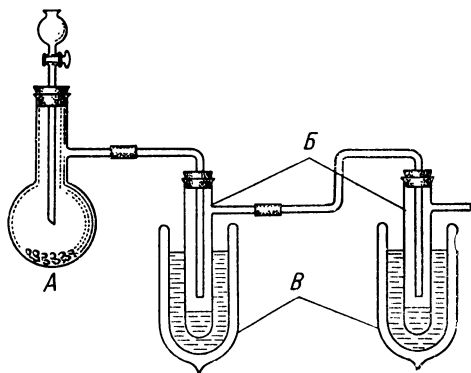


Рис. 21. Установка для получения жидкого аммиака

Подготовка. Концентрированный раствор аммиака. Щелочь (кусочки). Ацетон. Твердая углекислота (снег или сухой лед, разбитый на маленькие кусочки). Натрий металлический. Иодид калия. Прибор для получения аммиака (колба Вюрца, капельная воронка). Прибор для испытания электропроводности. Осветитель, закрытый экраном с щелевым отверстием (1,5—2 см). Пробирки с отводной трубкой.

Для получения и сжижения аммиака в вытяжном шкафу собрать прибор согласно рис. 21. Колбу А соединить с двумя неширокими пробирками Б (диаметр около 2 см) для отсасывания. В каждую пробирку вставить газоотводные трубки, на 3—4 см не достигающие до дна пробирки. Для удобства между колбой и пробирками можно поместить счетчик пузырьков (небольшую склянку Тищенко с парафиновым маслом). В стаканы Дьюара В (для демонстрации использовать несеребряные стаканы) налить аце-

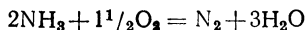
тон (не более половины стакана) и сильно охладить его, осторожно бросая щипцами мелкие кусочки углекислоты (сильное вспенивание!). Когда кусочки, брошенные в ацетон, уже не превращаются в газ, а остаются лежать в стакане, охладительная смесь готова.

Теперь нужно получить аммиак. В колбу Вюрца положить щелочь (примерно до 1/4 объема). Воронку наполнить концентрированным раствором аммиака. Пробирки опустить (Осторожно! Постепенно!) в охладительную смесь. Далее открыть кран воронки и каплями спускать раствор аммиака. Струя аммиака не должна быть сильной. Прибавляя кусочки углекислоты (запас ее в чашечке иметь под рукой!), поддерживать низкую температуру охладительной смеси. Минут через 10—15 в первой пробирке сконденсируется жидкий аммиак (около 1/4 пробирки). Поставить вторую пробирку и собрать еще некоторое количество жидкости. Затем отъединить пробирку от прибора, закрыть отверстие комочком ваты и вместе со стаканами Дьюара вынести обе пробирки на демонстрационный стол. Если позволяет время, одну порцию жидкого аммиака можно получить непосредственно в аудитории.

Выполнение. В одну из пробирок положить маленький (с булавочную головку) кусочек натрия. Получается синий раствор. Если окраски не будет, или она будет очень слабая, положить еще маленький кусочек натрия. Чтобы окраска раствора была хорошо видна, вынуть пробирку (держалка!) из сосуда Дьюара и поднести к щели экрана у осветителя, а затем снова поставить в охладительную смесь. Вторую пробирку с жидким аммиаком использовать для испытания электропроводности. Перелить аммиак в фарфоровый тигель, быстро опустить платиновые электроды. Тока нет! Ссыпать с ложечки немного иодида калия и снова опустить электроды. Лампочка на приборе загорается. Раствор проводит ток.

О п ы т 231

Горение аммиака в кислороде



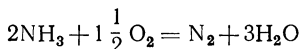
Подготовка. Концентрированный раствор аммиака. Баллон с кислородом. Прибор, изображенный на рис. 22.

На дно широкой трубки поместить рыхлый слой стеклянной ваты. Это делается для того, чтобы поступающий кислород равномерно распределился внутри трубки.

Выполнение. В колбу налить 40—50 мл концентрированного раствора аммиака и осторожно нагреть. Если раствор закипит, горелку отставить. Из баллона подать слабую струю кислорода. Поднести зажженную лучинку к отверстию узкой трубки. Аммиак горит желтовато-зеленым пламенем. Если пламя срывается, уменьшить ток кислорода.

О п ы т 232

Горение аммиака в присутствии платины



Подготовка. Концентрированный раствор аммиака. Баллон с кислородом. Коническая колба емкостью 300—500 мл. Отрезок стеклянной трубки, согнутой под прямым углом (для подвода кислорода). Спираль из платиновой проволоки, припаянная к стеклянной палочке (рис. 23).

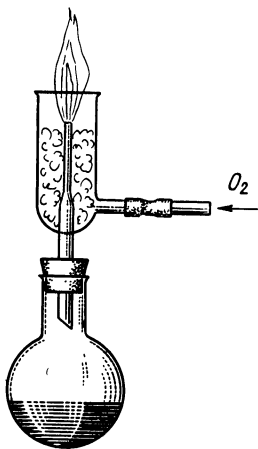


Рис. 22. Прибор для демонстрации горения аммиака в кислороде

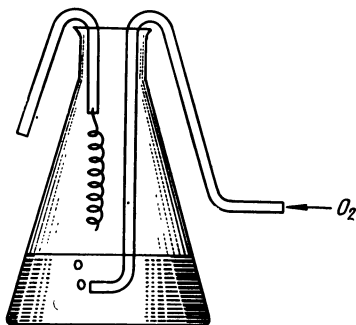


Рис. 23. Прибор для демонстрации каталитического окисления аммиака

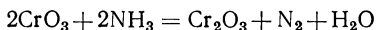
Палочку можно согнуть в виде крючка, и тогда спираль будет удобно подвешивать на горлышко колбы в нужном положении. Спираль должна доходить почти до поверхности раствора и не соприкасаться со стенками колбы.

Выполнение. Налить в колбу концентрированный раствор аммиака. Высота слоя должна быть 1,5—2 см. Поставить колбу на асбестовую сетку и слегка нагреть. Опустить кончик приводной трубки в раствор почти до дна колбы и пропустить струю кислорода. Раскалить платиновую спираль докрасна в пламени горелки и, опустив в смесь аммиака с кислородом, установить ее в нужном положении. Платина раскаляется все ярче и ярче, и смесь воспламеняется. При этом образуется желтое пламя и раздается небольшой и безопасный взрыв. Платина перестает светиться, но вскоре при дальнейшем пропускании кислорода яркость свечения возрастает, и снова происходит вспышка и взрыв. Если конец трубки, подводящей кислород, окажется на поверхности жидкости и близко к спирали, кислород воспламеняется и горит желтовато-зеленым пламенем.

Примечание. Скорость подачи кислорода и регулировку скорости в течение процесса нужно отработать заранее при подготовке опыта. При проведении этого опыта можно наблюдать образование бурных паров двуокиси азота и белых паров нитрата аммония. В этом случае надо сильно уменьшить скорость пропускания кислорода для того, чтобы платина нагревалась не сильно — только до темно-красного каления. Но в небольшом объеме пары мало заметны в аудитории (см. опыт 241).

О п ы т 233

Восстановление хромового ангидрида аммиаком



Подготовка. Концентрированный раствор аммиака. Щелочь (кусочки). Хромовый ангидрид (в закрытой склянке). Колба Вюрца на 100 мл с отводной трубкой, плавно отогнутой вверх. Капельная воронка. Хлоркальциевая трубка. Шпатель или ложечка.

К концу отводной трубки колбы впритык присоединить хлоркальциевую трубку (шариком вниз!). В ниж-

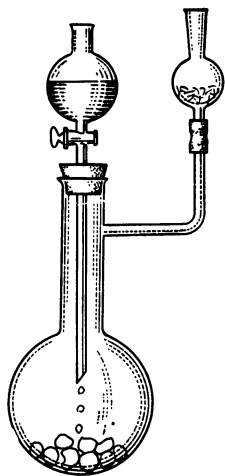


Рис. 24. Прибор для демонстрации окисления аммиака хромовым ангидридом

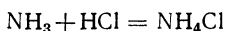
нюю часть шарика поместить тонкий и рыхлый слой стеклянной ваты (рис. 24).

Выполнение. В колбу поместить кусочки щелочи, в капельную воронку налить раствор аммиака. В хлоркальциевую трубку положить немного хромового ангидрида. (Осторожно! Пользоваться шпателем!) Открыв кран воронки, каплями спустить раствор аммиака. Как только газообразный аммиак проникнет в хлоркальциевую трубку, хромовый ангидрид сильно накаливается и затем воспламеняется в зеленую окись хрома.

Примечание. Опыт хорошо проходит с хромовым ангидридом только определенной влажности (проверить опыт заранее!).

О п ы т 234

Получение соли аммония



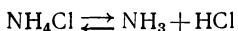
Подготовка. Концентрированный раствор аммиака. Концентрированная соляная кислота. Два фарфоровых тигля. Стекланный колпак или широкий стакан. Стеклянная или керамическая пластинка.

Выполнение. Один тигель наполнить соляной кислотой и отставить его в сторону. Второй тигель наполнить раствором аммиака.

Поставить тигли на некотором расстоянии друг от друга (черный фон!). Появляется белый дым у тигля с соляной кислотой (аммиак распространяется быстрее!), а затем у тигля с аммиаком. Далее тигли поставить на пластинку и закрыть колпаком. На его стенках осядет плотный слой хлорида аммония.

О п ы т 235

Термическое разложение солей аммония

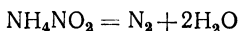


Подготовка. Две большие пробирки. Хлорид аммония. Карбонат аммония. Держалка для пробирок.

Выполнение. В одну большую пробирку поместить немного хлорида аммония, в другую — немного карбоната аммония. Нагреть пробирки в пламени горелки. На холодных стенках первой пробирки появится белый налет соли, во второй ничего не останется.

О п ы т 236

Разложение раствора нитрита аммония



При этой реакции идет восстановление нитрит-иона ионом аммония. Реакция начинается уже при легком нагревании раствора и далее протекает бурно.

Подготовка. Хлорид аммония. Нитрит натрия. Стаканы емкостью 200—250 мл. Большой стакан емкостью около 1 л. Стеклянная палочка.

В отдельных стаканах растворить 45 г хлорида аммония в 150 мл воды и 60 г нитрита натрия в 150 мл воды. Растворы нагреть до 80—90°С.

Выполнение. Горячие растворы слить в большой стакан и размешать палочкой. Начинается сначала слабое, а затем бурное выделение азота. Пузырьки образуют высокий столб пены.

Примечание. Восстановление аниона-окислителя ионом аммония можно очень эффектно показать при разложении бихромата аммония (см. опыт 58).

О п ы т 237

Получение амальгамы аммония

Восстановление иона аммония до свободного аммония осуществить не удастся, однако амальгаму аммония получить можно взаимодействием иона аммония с амальгамой натрия.

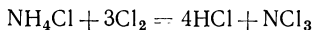
Подготовка. Концентрированный раствор хлорида аммония. Амальгама натрия (небольшое количество в закрытой склянке). Узкий цилиндр емкостью 100 мл. Кристаллизатор. Стеклянная палочка.

Для приготовления амальгамы натрия в большую ступку поместить 20—30 *мл* ртути. Ртуть должна быть чистой и сухой. Ступку покрыть листом картона; в круглое отверстие, вырезанное в картоне, вставить ручку пестика. Тщательно очистить небольшой, размером с горошину, кусочек натрия. (Помнить правила обращения с металлическим натрием и со ртутью!) Положить кусочек на ртуть и, удерживая его пестиком, закрыть ступку картоном. Сильно надавить пестиком и тщательно растереть натрий. Слышится характерное шипение, а иногда происходит и вспышка. Затем таким же образом ввести следующие 2—3 кусочка. При большом содержании натрия амальгама становится твердой и менее удобной в обращении. Ртуть, оставшуюся после опыта, тщательно промыть, высушить фильтровальной бумагой и слить в сосуд для хранения.

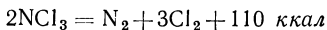
Выполнение. В цилиндр, стоящий в кристаллизаторе, поместить 15—20 *мл* амальгамы натрия, затем прилить 20—30 *мл* хлорида аммония. Слой амальгамы начинает увеличиваться в объеме, становится рыхлым и быстро поднимается почти до верха цилиндра. При помощи стеклянной палочки можно показать, что амальгама при этом меняется, становится тестообразной. Очень медленно, по мере разложения амальгамы и выхода газов, слой приобретает вид, характерный для чистой ртути.

О п ы т 238

Получение хлористого азота электролизом раствора хлористого аммония



Хлористый азот при нагревании выше 80° С, при ударе и при соприкосновении с некоторыми органическими веществами со взрывом разлагается по реакции



Подготовка. Насыщенный при 30°С раствор хлорида аммония. Скипидар. Источник тока 6—8 *в*. Источник получения углекислого газа. Склеянная Тищенко с водой. Стакан емкостью 300 *мл*. Два платиновых электрода размером приблизительно 2 × 3 *см* (рис. 25).

Электроды укрепить параллельно, на расстоянии 3—4 см один от другого. На край стакана повесить изогнутую под острым углом стеклянную трубку, соединенную с источником получения углекислого газа. Трубку опустить внутрь стакана на 2—3 см. Для демонстрации опыта насыщенный раствор NH_4Cl подогреть до 35—40° С. Насыщение раствора необходимо для того, чтобы получающиеся при электролизе капельки хлористого азота (пл. 1,6) поднимались на поверхность раствора.

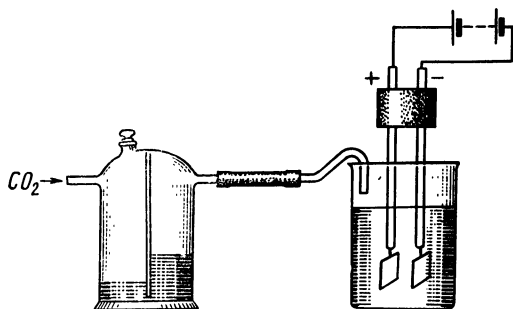
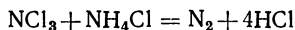


Рис. 25. Прибор для получения хлористого азота

Выполнение. Стакан наполнить примерно на 2/3 подогретым раствором электролита. Поверх раствора налить слой скипидара высотой 4—6 мм. Опустить электроды в нижнюю часть стакана. На поверхность скипидара пустить медленную струю углекислого газа. Электроды соединить с источником тока. Через 10—15 сек у анода образуются маленькие капельки хлористого азота. Поднимаясь кверху, они со слабым треском и образованием искр взрываются при соприкосновении со скипидаром.

Электролиз производить недолго! После образования 3—4 искр опыт прекратить! Стакан наполнить водой и вместе с электродами унести с демонстрационного стола.

Примечание. Перед разборкой прибора дать постоять электролиту в течение нескольких часов для того, чтобы оставшиеся у электрода капельки могли разложиться



При точном соблюдении всех условий опыт безопасен.

Получение иодистого азота

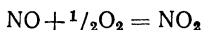
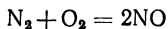
Иодистый азот еще более неустойчив, чем хлористый, и в сухом виде взрывается уже от малейшего прикосновения.

Подготовка. К небольшому количеству (20—25 мл) концентрированного раствора иода (в растворе иодида калия) прилить концентрированный раствор аммиака. Выделяется темно-коричневый осадок иодистого азота. Осадок отфильтровать и промыть небольшим количеством спирта. Тотчас мокрый осадок разложить при помощи шпателя маленькими комочками на отдельные 2—3 листа фильтровальной бумаги. Угол бумаги отогнуть и положить листки в безопасное теплое место (например, вблизи батарей парового отопления). Через несколько часов препарат высохнет и его можно использовать для демонстрации. Стакан, в котором проводилось осаждение, воронку и фильтр сначала залить раствором щелочи, дать постоять и только затем вымыть.

Выполнение. Взяв за угол листок бумаги с комочком иодистого азота, осторожно, на вытянутой руке внести в аудиторию. Положить листок на пол, ударить комочек деревянной указкой. Раздается сильный взрыв. Неиспользованный препарат взорвать после лекции!

КИСЛОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ АЗОТА

О п ы т 240

Получение окиси и двуокиси азота
при искровом разряде в воздухе

Подготовка. Стекланный шар или колба с двумя тубусами. Индукционная катушка. Источник постоянного тока (8—12 в). Раствор дифениламина (1%-ный раствор в концентрированной серной кислоте).

Через тубусы сосуда ввести два железных электрода, пропущенные сквозь корковые пробки. Острия электродов

(можно вязальных спиц) установить на таком расстоянии друг от друга, чтобы при разряде искра могла без труда проскакивать между ними (рис. 26).

Выполнение. При помощи хорошо изолированных проводов соединить электроды со вторичной обмоткой катушки. Подключить катушку к источнику тока (8—12 в). (Осторожно! Высокое напряжение!)

Извилистые линии искр пробегают по промежутку между электродами. Через некоторое время в сосуде образуются окислы азота (белый фон!). Так как время проведения опыта на лекции невелико, окраска получившегося газа из-за небольшой концентрации его в сосуде мало заметна в

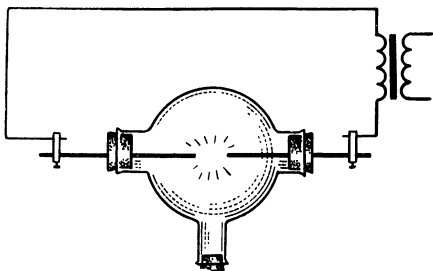
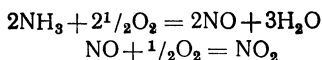


Рис. 26. Прибор для получения окислов азота из воздуха

большой аудитории. Чтобы наглядно показать присутствие окислов азота, нужно добавить дифениламин. Для этого выключить ток, отъединить провода от катушки, вынуть электроды и внести в сосуд немного раствора дифениламина. Поворачивая сосуд, размазать жидкость по поверхности. Появляются хорошо заметные синие потеки на стенках сосуда.

О п ы т 241

Получение окислов азота каталитическим окислением аммиака



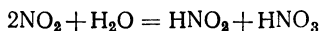
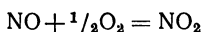
Подготовка. Концентрированный раствор аммиака. Раствор дифениламина (см. опыт 240). Большая колба емкостью 2—3 л. Платиновая пластинка размером 3 × 6 см или платиновая спираль. Щипцы.

Выполнение. В колбу внести 10—15 мл раствора аммиака. Осторожно вращая колбу, смочить стенки раствором и остаток вылить в склянку. Нагреть платину в пламени

горелки до красного каления и быстро внести в колбу. Платина продолжает светиться. Через некоторое время в колбе появляется бурый газ, а в случае избытка аммиака— белые пары нитрита и нитрата аммония. Осторожно прилить, размазывая по стенкам колбы, немного раствора дифениламина. Он окрашивается в синий цвет.

О п ы т 242

Взаимодействие окиси азота с кислородом

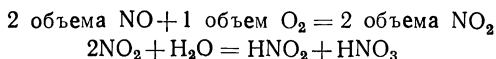


Подготовка. Баллон или газометр с кислородом. Стеклянная ванна с мостиком (или просто кристаллизатор). Цилиндр емкостью 250—300 мл, заполненный окисью азота.

Для получения окиси азота приготовить небольшую колбу Вюрца с капельной воронкой. В колбу поместить медные стружки, в воронку — раствор азотной кислоты (1 : 1). Вытеснив воздух из колбы, подвести конец отводной трубки под цилиндр с водой. Примесь двуокиси азота растворяется в воде, и цилиндр наполняется бесцветным газом. Более чистую NO можно получить при взаимодействии соляной кислоты (1 : 3) с насыщенным раствором нитрита натрия или сухой солью. Раствор поместить в колбу и слегка подогреть, затем, открыв кран воронки, отрегулировать поступление кислоты так, чтобы процесс протекал равномерно. Рекомендуется наполнить окисью азота небольшой газометр и использовать его для заполнения цилиндров при выполнении дальнейших опытов.

Выполнение. Цилиндр с окисью азота вместе с ванной перенести на демонстрационный стол. Струю кислорода из баллона отрегулировать так, чтобы газ выходил отдельными пузырьками. Впустить несколько пузырьков в цилиндр с NO. Появляется бурый газ, и после растворения уровень воды в цилиндре поднимается (белый фон!). Впуская новые порции кислорода и слегка покачивая цилиндр, можно заполнить его водой почти полностью.

Взаимодействие окиси азота с кислородом (объемометрический опыт)



Подготовка. Собрать прибор, изображенный на рис. 27. Тщательно подобрать к колбам резиновые пробки. Через пробки круглодонных колб *А* и *Б* пропустить короткие стеклянные трубки, на концы которых надеть отрезки резиновых трубок с винтовыми зажимами. Большую колбу *В*

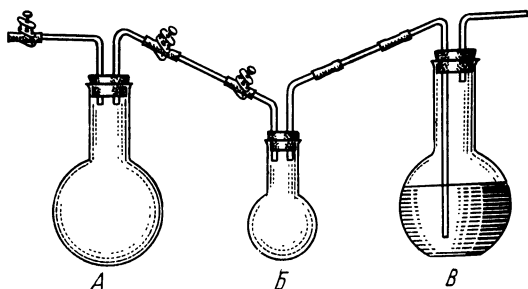


Рис. 27. Прибор для демонстрации взаимодействия окиси азота с кислородом (объемометрический опыт)

смонтировать по типу промывалки. Далее необходимо при помощи воды точно измерить объемы круглодонных колб. Колба *А* должна быть по объему вдвое больше колбы *Б*. В том случае, когда объем колбы *А* окажется несколько больше, нужный объем отметить на ней заметной чертой. Перед демонстрацией колбу *А* заполнить окисью азота (вытеснением воды), а колбу *Б* кислородом. Обратит внимание на то, чтобы после заполнения колбы газом в соединительных трубках оставалась вода и зажимы были плотно закрыты. В колбу *В* налить достаточное количество воды (около 2 л) и подкрасить ее индикатором (метиловый оранжевый).

Выполнение. Соединить колбы так, как показано на рис. 27. Затем открыть зажимы и перевести немного воды из колбы *В* в колбу *Б* (грушей или вдуванием). Кислород

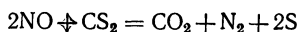
из колбы *Б* переходит в колбу *А* и соединяется с NO. При этом объем уменьшается, давление падает, и вода начинает сама переливаться в колбу *Б*. Образующаяся в результате реакции двуокись азота растворяется, и поэтому вода заполняет обе колбы: колбу *Б* — полностью, колбу *А* — до метки. Отсюда следует, что объемы реагирующих газов (NO и O₂) относились как 2 : 1.

Объемы колб не должны быть слишком малые. Рекомендуются круглодонные колбы емкостью 1 и 0,5 л и колба *В* — емкостью около 2 л.

Примечание. Окись азота для заполнения колбы удобно брать из газометра. Существенно, чтобы NO была свободна от примеси других газов, не растворяющихся в воде. Поэтому для получения окиси азота рекомендуется использовать нитрит натрия и соляную кислоту (см. опыт 242).

О п ы т 244

Взаимодействие окиси азота с сероуглеродом



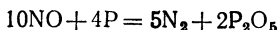
Подготовка. Газометр с окисью азота. Небольшое количество сероуглерода в закрытой баночке или пробирке. (Осторожно! Огнеопасен!) Маленький измерительный цилиндр. Цилиндр с пришлифованной пластинкой емкостью 250—300 мл.

Заполнить цилиндр окисью азота (вытеснением воды). При закрывании следить за тем, чтобы внутрь цилиндра не попала вода.

Выполнение. Налить в измерительный сосуд 5—6 мл сероуглерода. Приоткрыть цилиндр с NO и быстро влить сероуглерод. Закрывать и, придерживая пластинку пальцем, 1—2 раза перевернуть цилиндр. Поставить на стол снять пластинку и поднести горящую лучинку (лучинку поджечь на другом конце стола и горелку тотчас потушить!). В цилиндре происходит реакция, сопровождающаяся своеобразным звуком и быстро движущейся сверху вниз ярко-фиолетовой вспышкой. На стенках цилиндра появляется налет серы.

Опыт особенно красив в слегка затемненной аудитории.

Горение серы и фосфора в окиси азота



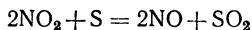
Термическое разложение окиси азота начинается около 500°C , однако даже при $800\text{—}900^\circ\text{C}$ она разлагается еще довольно медленно. Горящие лучина и сера гаснут в окиси азота. Более высокая температура развивается при горении фосфора, и поэтому фосфор может гореть в NO.

Подготовка. Сера (в кусочках). Красный фосфор. Два цилиндра с пластинками емкостью 250—300 мл. Железные ложки.

Вытесняя воду, наполнить цилиндры окисью азота и тщательно закрыть пластинками.

Выполнение. Приоткрыть цилиндр и внести в него горящую лучину. Она гаснет. Закрыть цилиндр. Положить на ложечку немного серы, расплавить ее, поджечь и внести в цилиндр. Сера тоже не горит. Теперь взять фосфор, поджечь, дать пламени разгореться и опустить в новый цилиндр с NO. Горение фосфора продолжается.

Горение серы и фосфора в двуокиси азота



Разложение двуокиси азота на NO и кислород начинается приблизительно при 150°C . При температуре выше 600°C двуокись азота практически полностью разлагается. В атмосфере NO₂ горят многие вещества, в том числе сера, фосфор.

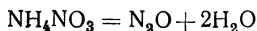
Подготовка. Сера. Красный фосфор. Железные ложки. Цилиндры, наполненные двуокисью азота.

Для получения NO₂ использовать реакцию взаимодействия меди с концентрированной азотной кислотой.

Выполнение. Внести в отдельные цилиндры на ложечках горящую серу и горящий фосфор. Они продолжают гореть в атмосфере двуокиси азота.

О п ы т 247

Получение закиси азота. Горение в закиси азота



Состав продуктов разложения нитрата аммония зависит от температуры реакции. При низких температурах (около 170°C) она идет по указанному уравнению. При более высоких температурах (выше 250°C) образуются другие продукты (N_2 , NO и др.), и появляется опасность разложения со взрывом. Однако если нагреть смесь двух солей: KNO_3 и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в эквимолекулярных соотношениях, то при температуре плавления выделяется устойчивая струя N_2O , и пропадает необходимость строго следить за температурой опыта. Поэтому для демонстрационного получения закиси азота рекомендуется брать смесь указанных солей.

Подготовка. Круглодонная колба емкостью 50—100 мл. Цилиндры с пластинками. Ванна с мостиком. Смесь 12 г нитрата калия и 9 г сульфата аммония (измельченные в порошок).

Выполнение. Смесь поместить в колбу, закрыть пробкой с отводной трубкой и нагреть. Отрегулировать пламя таким образом, чтобы обеспечить интенсивное выделение газа. Первые 50—100 мл газа отбросить, а затем подвести струю под цилиндр, заполненный теплой водой. По окончании опыта показать, что тлеющая лучинка в цилиндре с N_2O вспыхивает и горит ярким пламенем.

Примечание. Если позволяет время и имеются запасные цилиндры с закисью азота, то можно показать горение угля и серы.

О п ы т 248

Получение и разложение ангидрида азотистой кислоты

Ангидрид азотистой кислоты N_2O_3 существует в основном в жидком и твердом состоянии. В газообразном состоянии при комнатной температуре N_2O_3 полностью разлагается на NO_2 и NO . Голубой цвет азотистого ангидрида

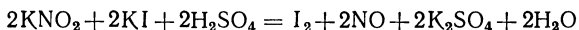
можно показать при разложении азотистой кислоты в подкисленном растворе ее соли.

Подготовка. Раствор соли азотистой кислоты (приблизительно 1 н.). Серная кислота (1 : 5). Демонстрационный бокал.

Выполнение. К раствору соли азотистой кислоты прилить серную кислоту (количество кислоты определить заранее). Жидкость окрашивается в голубой цвет (белый фон!). Через небольшой промежуток времени цвет жидкости становится зеленым, и над бокалом появляются бурые пары двуокиси азота.

О п ы т 249

Окислительные свойства азотистой кислоты

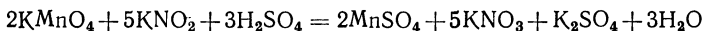


Подготовка. Раствор иодида калия. Раствор нитрита калия или натрия. Раствор крахмала. Серная кислота (1 : 5). Стаканы или бокалы.

Выполнение. К подкисленному серной кислотой раствору иодида калия добавить немного раствора соли азотистой кислоты. Тотчас происходит выделение иода. После приливания крахмального клейстера жидкость становится синей.

О п ы т 250

Восстановительные свойства азотистой кислоты

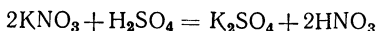


Подготовка. Раствор нитрита натрия или калия. Раствор перманганата калия (розовый). Серная кислота (1 : 5). Стаканы или бокалы.

Выполнение. Раствор KMnO_4 подкислить серной кислотой. Затем к нему прилить немного нитрита натрия. Происходит мгновенное обесцвечивание жидкости.

Можно показать аналогичный опыт, взяв вместо KMnO_4 бихромат калия или другой подходящий окислитель.

Получение концентрированной азотной кислоты и ее окислительные свойства



Подготовка. Концентрированная серная кислота. Нитрат калия. Волос (конский). Термостойкая пробирка с держалкой.

Выполнение. Положить в пробирку немного (не более 1/4 объема) нитрата калия и прилить столько концентрированной H_2SO_4 , чтобы только смочить соль. В отверстие пробирки вставить рыхлый клочок волоса. Затем приступить к осторожному нагреванию пробирки (пользоваться держалкой!). Вскоре жидкость закипает, появляется легкая желтая окраска, пары HNO_3 сначала концентрируются на стенках пробирки, а потом доходят до самого ее верха. Комок волоса вспыхивает и продолжает гореть.

О п ы т 252

Воспламенение скипидара в азотной кислоте

Подготовка. Узкий термостойкий стакан емкостью около 1 л. Фарфоровая чашка (диаметр чашки должен быть приблизительно равным диаметру стакана). Воронка с припаянной к ней длинной стеклянной трубкой. Термостойкая пробирка. Держалка с длинной ручкой. Скипидар. Концентрированная серная кислота. Дымящая азотная кислота.

Для получения дымящей азотной кислоты собрать в вытяжном шкафу прибор, состоящий из стеклянной реторты и приемника: большой пробирки или небольшой круглодонной колбы (рис. 28). Обратить внимание на отсутствие пробок и резиновых трубок. В реторту поместить 60—70 г измельченного нитрата калия и около 15—20 мл концентрированной H_2SO_4 . Конец реторты опустить глубоко в приемник. Нижнюю часть последнего поместить в воронку и охлаждать холодной водой. Под реторту положить асбестовую сетку. Смесь сначала осторожно, а потом сильно нагреть. Для повышения температуры полезно накрыть реторту сверху куском асбестового картона. Сперва перегоняется почти бесцветная кислота, а затем появляются бурые пары NO_2 , и в приемнике собирается желтая жид-

кость. Помнить, что продукт представляет собой почти 100%-ную HNO_3 (пл. 1,5). Его следует хранить в темной склянке с притертой пробкой и беречь для специальных опытов.

Выполнение. На дно термостойкого стакана поставить фарфоровую чашку. Через длинную трубку воронки налить небольшие равные объемы дымящей азотной кислоты и концентрированной серной кислоты. В пробирку поместить

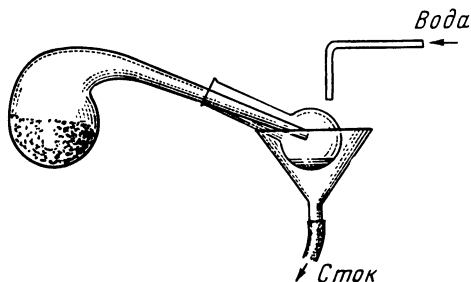
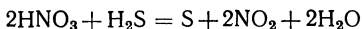


Рис. 28. Установка для получения дымящей азотной кислоты

скипидар (не более $1/4$ объема) и слегка нагреть его (держалка!). Затем теплый скипидар небольшими порциями сливать в стакан (осторожно!). Происходит бурная реакция, поднимается интенсивная струя коричневых паров, и через 1—2 сек скипидар вспыхивает с легким взрывом и сгорает высоким пламенем.

О п ы т 253

Восстановление азотной кислоты сероводородом



Подготовка. Цилиндр, наполненный сероводородом (см. опыт 212). Пробирка и держалка к ней. Дымящая азотная кислота.

Выполнение. В пробирку налить (около $1/4$ объема) дымящую азотную кислоту и осторожно подогреть в пламени газовой горелки. Сняв с цилиндра пластинку, влить в него кислоту. Стенки цилиндра покрываются желтым налетом выделившейся серы; цилиндр наполняется окислами азота.

При вливании азотной кислоты в цилиндр с сероводородом иногда удается наблюдать бледно-фиолетовое пламя.

О п ы т 254

Восстановление азотной кислоты углем

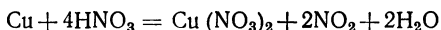


Подготовка. Дымящая азотная кислота. Лучинки (3—4 шт.), плотно связанные вместе. стакан емкостью 100—150 мл. Асбестовая сетка. Электрическая плитка.

Выполнение. Налить в стаканчик 15—20 мл дымящей азотной кислоты, осторожно (на сетке!) нагреть на электрической плитке. Когда кислота в стаканчике сильно буреет и начнут появляться окислы азота, снять стаканчик с плитки. Зажечь связанные лучинки и, погасив пламя, опустить их в стаканчик с кислотой. У поверхности кислоты тлеющие концы лучинок раскаляются, затем лучинки вспыхивают. Появляются бурые пары — продукт восстановления HNO_3 (белый фон!).

О п ы т 255

Восстановление азотной кислоты металлами

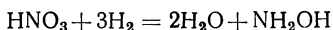


Подготовка. Концентрированная азотная кислота. Стружки меди (или какой-нибудь другой металл). Большая колба на 2—2,5 л.

Выполнение. В колбу поместить 8—10 мл азотной кислоты и немного стружек меди (белый фон!). Очень скоро начинается восстановление азотной кислоты. Хорошо видно, как темно-бурый газ постепенно заполняет всю колбу. Когда бурые пары достигнут верха колбы, унести ее под тягу.

О п ы т 256

Восстановление разбавленной азотной кислоты до гидроксилamina

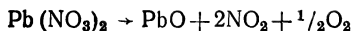


Подготовка. Раствор серной кислоты (1 : 5). Цинк гранулированный. Концентрированная азотная кислота (пл. 1,4). Раствор сульфата меди. Раствор щелочи. Стаканы. Цилиндр емкостью 150—200 мл.

Выполнение. Заполнить цилиндр почти полностью раствором серной кислоты. Бросить несколько кусочков цинка. Подождать, пока начнется сильное выделение пузырьков водорода, и затем добавить 1—2 мл концентрированной азотной кислоты. Через 30—40 сек отлить часть жидкости в стакан, добавить несколько капель раствора CuSO_4 и избыток щелочи для нейтрализации кислоты и растворения гидроокиси цинка. В стакане остается осадок гидроокиси меди (I) желтого цвета. Образовавшийся в растворе гидроксиламин восстановил ион Cu^{2+} в ион Cu^+ .

О п ы т 257

Термическое разложение нитратов тяжелых металлов



Подготовка. Прокалить в фарфоровой чашке немного нитрата свинца до появления бурых паров.

Выполнение. На дно большой пробирки поместить немного подготовленной соли и сильно нагреть в пламени горелки. Выделяются темно-коричневые пары двуокиси азота и заполняют всю пробирку (белый фон!).

О п ы т 258

Термическое разложение нитратов щелочных металлов

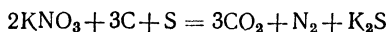


Подготовка. Нитрат калия. Кусочки угля. Кусочки серы. Щипцы. Пробирки. Поднос с песком.

Выполнение. В пробирку поместить селитру (около 1/3 объема пробирки). Укрепив в штативе, нагреть до плавления и начала разложения соли. Не прерывая нагревания, бросить в пробирку кусочек раскаленного угля. Он продолжает гореть на поверхности соли, высоко подпрыгивая внутри пробирки (может выскочить!). Когда уголек сгорит, отставить горелку, подставить поднос с песком и бросить один за другим несколько кусочков серы. Она очень ярко и красиво горит.

О п ы т 259

Горение черного пороха



Подготовка. Термостойкий стакан емкостью 750—1000 *мл* (на дно стакана положить кусочек асбестового картона). Стеклянная палочка. Источник получения двуокиси углерода. Черный порох.

Для приготовления пороха растереть в ступке (каждый в отдельности!) нитрат калия, уголь и серу. Порошки высыпать на бумажки, с которых затем взять вещества в весовом соотношении 6 : 1 : 1. Все тщательно перемешать и поместить в склянку. Приготовить около 2 *г* смеси.

Выполнение. Наполнить стакан двуокисью углерода. Показать, что горящая лучинка гаснет в стакане. Затем быстро высыпать в стакан приготовленную навеску пороха (через трубочку, свернутую из бумаги). Она в виде горки должна лежать на кусочке асбеста. Покрыть стакан стеклянной пластинкой. Сильно накалив конец палочки и, сняв пластинку, прикоснуться этим концом к пороху. Происходит вспышка с выделением большого количества дыма.

Горение происходит за счет селитры, так как уголь и сера не горят в двуокиси углерода.

О п ы т 260

Горение нитрованной ваты

Подготовка. Осторожно смешать 15 *мл* концентрированной азотной кислоты (пл. 1,4) с 10 *мл* концентрированной серной кислоты. В полученную смесь на 7 *мин* погрузить 0,3 *г* ваты. Затем вату осторожно вынуть (стеклянной палочкой) и тщательно промыть несколько раз водой. Высушить при комнатной температуре. Большие порции ваты не готовить!

Выполнение. Поджечь комочек ваты. Он быстро вспыхивает и мгновенно сгорает без дыма. Рекомендуется вату распушить и небольшой комочек сжечь на ладони вытянутой руки.

XI. ФОСФОР

Белый фосфор огнеопасен и ядовит; при работе с ним необходимы большое внимание, осторожность и строгое соблюдение правил обращения с ним

Белый фосфор следует хранить только под водой в толстостенной склянке с притертой пробкой. Брать фосфор можно только пинцетом или щипцами.

Резать фосфор только под водой в толстостенном сосуде (фарфоровая ступка, толстостенный кристаллизатор).

Перед употреблением кусочки белого фосфора следует просушивать между листками фильтровальной бумаги. Однако не следует при этом сильно сжимать кусочек белого фосфора, тереть его и т. п., он может при этом загореться. Загоревшийся белый фосфор следует залить водой или засыпать песком.

Красный фосфор не огнеопасен и не ядовит. Обычно его хранят в склянке с притертой пробкой.

О п ы т 261

Вспышка белого и красного фосфора

Подготовка. Белый фосфор. Красный фосфор. Пинцет. Фильтровальная бумага. Медная пластинка (размер 3×20 см, толщина 1—2 мм). Треножник.

Выполнение. Положить на треножник медную пластинку. На один конец пластинки положить небольшое количество красного фосфора, на другой конец — маленький кусочек белого фосфора, предварительно высушенного между листами фильтровальной бумаги. Подставить под пластинку (в середине ее) зажженную газовую горелку. Вскоре воспламеняется белый фосфор (температура воспламенения $40-50^{\circ}\text{C}$); красный фосфор загорается лишь спустя некоторое время (температура воспламенения 240°C). При горении фосфора образуется белый дымок — это пятиокись фосфора P_2O_5 .

О п ы т 262

Горение бумаги, свечи

Легкую воспламеняемость белого фосфора можно продемонстрировать следующим образом.

Подготовка. Белый фосфор. Сероуглерод. Полоска фильтровальной бумаги. Свеча (с очищенным и распушенным фитильком). Щипцы.

Приготовить раствор белого фосфора в сероуглероде. Налить в склянку с притертой пробкой 5—10 мл сероуглерода и опустить туда несколько кусочков белого фосфора, предварительно высушенного (около 0,5 г). Осторожно встряхивать до полного растворения фосфора. Помнить, что сероуглерод огнеопасен! Поблизости не должно быть открытого пламени!

Выполнение. 1. Опустить в раствор фосфора в сероуглероде полоску фильтровальной бумаги (полоску держать щипцами). Когда бумага пропитается раствором, вынуть ее и помахать ею в воздухе. Сероуглерод быстро испарится, на бумаге останется белый фосфор. Через несколько секунд бумага вспыхивает и загорается. Если аудиторию затемнить, можно наблюдать легкое свечение бумаги перед воспламенением.

2. Смочить фитилек свечи раствором фосфора в сероуглероде (осторожно!). Свечу закрепить (поставить в колбу или в стакан). Через некоторое время, когда испарится сероуглерод, свеча неожиданно загорается.

О п ы т 263

Горение белого фосфора под водой

Подготовка. Белый фосфор. Большая пробирка. Стакан емкостью 500 мл. Стеклянная трубка, согнутая под прямым углом. Источник кислорода (баллон или газометр). Щипцы или пинцет.

Выполнение. Большую пробирку наполнить холодной водой до половины, опустить в стакан с горячей водой (60—80° С) и закрепить в штативе. В пробирку поместить несколько кусочков белого фосфора величиной с горошину.

Фосфор в пробирке расплавляется. Соединить согнутую под прямым углом стеклянную трубку с источником кислорода (рис. 29). Отрегулировать ток кислорода так, чтобы можно было считать отдельные пузырьки (для этого удобно опустить трубку в стакан с водой). Теперь опустить трубку в пробирку так, чтобы она не доходила до дна на 1—1,5 см. Расплавленный фосфор соприкасается с кислородом и вспыхивает под водой.

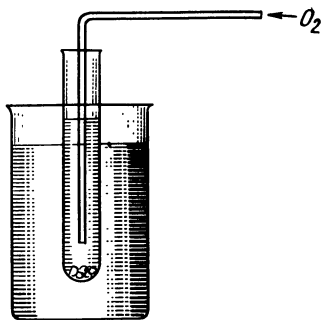


Рис. 29. Прибор для демонстрации взаимодействия белого фосфора с кислородом

На дне пробирки после опыта остается красноватая масса: при горении белого фосфора частично образуется красный фосфор.

Примечание. Получившуюся красноватую массу следует смыть в склянку, где хранятся остатки фосфора, или поместить ее на бумажный фильтр. Последний сжечь на асбестированной сетке под тягой. Фосфор, осевший на стенках сосуда, можно удалить действием бромной воды или раствора перманганата калия.

О п ы т 264

«Холодное пламя» фосфора

Подготовка. Белый фосфор. Стеклянная вата. Источник углекислого газа. Небольшая круглодонная колба с широким горлом. Водяная баня (с горячей водой). Щипцы или пинцет.

Круглодонную колбу закрыть корковой пробкой, через которую пропустить два отрезка стеклянной трубки: один отрезок, согнутый под прямым углом, достигает почти до дна колбы, второй — короткий, но имеющий больший диаметр по сравнению с первым.

Выполнение. В круглодонную колбу положить рыхлый слой стеклянной ваты, закрыть пробкой с отрезками стеклянной трубки. Соединив узкую трубку с аппаратом Кип-

па, пропустить сильный ток углекислого газа. Проверить горячей лучинкой, что колба наполнена углекислым газом. Теперь поместить в колбу 2—3 маленьких кусочка фосфора, закрыть колбу пробкой и снова пропускать сильный ток углекислого газа. В это же время погрузить колбу в горячую (80—90° С) водяную баню. Фосфор расплавляется и отчасти превращается в пар, который током углекислого газа выносится из колбы. Соприкасаясь с воздухом при выходе из трубки, пары фосфора светятся. Виден бледный язычок «холодного пламени». (Аудиторию затемнить!)

Примечание. Когда опыт окончен, колбу вынуть из водяной бани и после охлаждения перенести ее содержимое в кристаллизатор с водой. Крупные кусочки фосфора поместить в склянку для хранения, а мелкие кусочки сжечь под тягой.

О п ы т 265

Свечение белого фосфора в касторовом масле

Подготовка. В круглодонную колбу емкостью около 1 л налить (около 1/5 объема колбы) касторового масла и поместить несколько кусочков белого фосфора. Нагревая осторожно в пламени спиртовки и встряхивая, добиться растворения фосфора в касторовом масле. После этого закрыть горлышко колбы ватным тампоном. Она готова к демонстрации.

Опыт следует демонстрировать в затемненной аудитории.

Выполнение. Зажечь спиртовку и, осторожно поворачивая колбу с раствором фосфора в касторовом масле, слегка нагреть ее. Погасить спиртовку. Поднять колбу вверх и производить рукой с колбой вращательные движения, размазывая масло по стенкам колбы.

В темноте касторовое масло светится бледным желтоватым светом.

ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ

Хемилюминесценция — появление света при химической реакции — редкое и интересное явление. В огромном большинстве случаев при химической реакции происходит выделение энергии в виде тепла. Однако часть

энергии химической реакции можно превратить в энергию световых колебаний без повышения температуры.

Почти все химические реакции, при которых наблюдается выделение света, являются процессами окисления различных веществ перекисью водорода или кислородом.

Окисляющимися веществами в хемилюминесцентном процессе чаще всего являются органические вещества: например, люминол, диметилсульфоксид, пирогаллол и др.

О п ы т 266

Хемилюминесценция люминола

Люминол — 3-аминофталгидразид — в слабощелочной среде в присутствии соли $K_3Fe(CN)_6$ окисляется перекисью водорода. Механизм окисления люминола, вероятно, следующий. Сначала люминол присоединяет в некоторой форме кислородный мостик перекиси водорода, переходя при этом в возбужденное состояние. Затем при переходе к нормальному (невозбужденному) состоянию испускает квант света; при этом люминол окисляется до аминофталевой кислоты.

Подготовка. Раствор люминола (1—2%-ный). Раствор перекиси водорода (1—3%-ный). Раствор натриевой щелочи (0,1 н.). $K_3Fe(CN)_6$ — кристаллическая соль. Два демонстрационных бокала или стакана.

Для приготовления люминола тонко измельчить 10 г фталевого ангидрида $C_6H_4(CO)_2O$ и поместить в колбу на 200 мл. Туда же добавить 7,6 мл концентрированной серной кислоты, 10 мл дымящей азотной кислоты и 1 мл воды. Теперь осторожно нагревать на водяной бане в течение 2 ч. Сначала все растворится, а потом постепенно выделяется кристаллический осадок. На следующий день отфильтровать осадок через стеклянный фильтр. Отфильтрованный осадок растворить в 35—40 мл воды (в случае необходимости нагреть до полного растворения) и охладить. Отфильтровать выпавший осадок 3-нитрофталевой кислоты

Эту кислоту поместить в круглодонную колбу, прибавить концентрированный раствор аммиака и нагревать на водяной бане, пока не высохнет осадок. Укрепить колбу на асбестовой сетке и нагревать пламенем газовой горелки,

пока осадок не расплавится и не станет изменять окраску. Осадок — нитрофталимид — извлечь из колбы, измельчить, поместить в коническую колбу, туда же прибавить полуторное количество металлического олова, 35 мл концентрированной соляной кислоты и 9 мл воды. Нагревая, следует добавлять воду и соляную кислоту небольшими порциями до растворения олова. Если раствор не будет прозрачным, отфильтровать его. Прибавив к фильтрату концентрированный раствор аммиака, осадить 3-фталимид. После нового добавления аммиака осторожно охладить колбу под струей воды. Реакция должна быть кислой. Осадок отфильтровать на стеклянном фильтре, перенести в фарфоровую чашку и обработать раствором гидрата гидразина до изменения окраски. Затем осадок просушить и измельчить в порошок. Полученный таким образом препарат загрязнен, но это не мешает успешно использовать его для демонстрационных целей. Получение более чистого препарата см. «Синтезы органических препаратов», сб. 4, стр. 40, 372, 1953.

Выполнение. В бокал налить около 100 мл раствора люминола и меньшее количество раствора перекиси водорода. Прибавить щепотку $K_3Fe(CN)_6$. В бокале появляется голубое свечение. Прибавить немного раствора щелочи. Погасить свет в аудитории. Жидкость в бокале излучает яркое голубое свечение. Очень красиво выглядит переливание жидкости из одного бокала в другой.

Примечание. Можно предложить несколько видоизменений этого опыта.

Увеличив порцию в 2 раза, вылить приготовленную смесь на кусок льда, предварительно посыпанный кристаллами $K_3Fe(CN)_6$. Кусок льда, озаренный голубым светом, выглядит очень эффектно. Прибавляя к приготовленному раствору различные красители (флуоресцеин, резорцин), изменить окраску свечения.

О п ы т 267

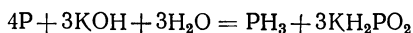
Хемилюминесценция люминола в присутствии диметилсульфоксида

Подготовка. Щелочь в кусочках 35 г. Диметилсульфоксид (высушенный сульфатом натрия) 30 мл. Люминол 0,10—0,15 г. Колба емкостью 500 мл с резиновой пробкой.

Выполнение. Поместить щелочь (KOH) в колбу, прибавить отмеренное количество диметилсульфоксида и люминола. Закрыть колбу пробкой и сильно потрясти. Через короткий промежуток времени видно яркое голубое свечение, которое постепенно усиливается. Если свечение ослабевает, ввести в колбу воздух, открыв пробку. Свечение снова становится очень ярким. Этот эффект можно повторять в течение целого дня.

О п ы т 268

Получение фосфористого водорода при взаимодействии белого фосфора со щелочью



Фосфин очень ядовит, поэтому при его получении следует соблюдать осторожность. При демонстрации пользоваться тягой. Выделяющийся в небольшом количестве фосфин не опасен, так как он легко окисляется.

Подготовка. Белый фосфор. Раствор щелочи (40%-ный раствор KOH или NaOH). Баллон с водородом. Воронка. Пинцет. Прозрачный защитный экран из органического стекла. Прибор, изображенный на рис. 30.

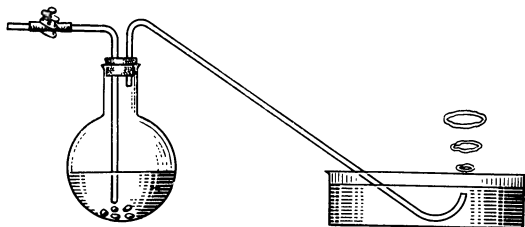


Рис. 30. Прибор для демонстрации получения и горения фосфина

Собрать прибор: термостойкую круглодонную колбу емкостью 200 мл закрыть резиновой пробкой, через которую проходят две стеклянные трубки; одна согнута под прямым углом и доходит почти до дна колбы, другая — длинная трубка, конец ее слегка загнут вверх. Колбу укрепить в штативе на асбестированной сетке, под сетку

поместить колбонагреватель или газовую горелку. Конец длинной стеклянной трубки погрузить в большой кристаллизатор с водой так, чтобы над концом трубки был слой воды около 1 см.

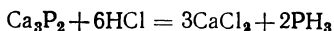
Выполнение. Налить в круглодонную колбу на 1/3 объема раствор щелочи и поместить в нее несколько кусочков белого фосфора. Установить перед прибором (со стороны аудитории) прозрачный экран из органического стекла. Согнутую под прямым углом стеклянную трубку соединить с источником водорода и пропустить сильную струю газа: из колбы необходимо вытеснить воздух. Через несколько минут ослабить ток водорода и отрегулировать подачу газа так, чтобы он поступал в колбу медленно, пузырек за пузырьком. Теперь включить колбонагреватель в сеть и начать нагревание смеси. Нагревание продолжается 15—20 мин. По истечении этого времени над поверхностью воды в кристаллизаторе сначала появляется дымок, затем выходящие из трубки пузырьки газа воспламеняются. Один за другим поднимаются, постепенно расширяясь, красивые кольца белого дыма.

Если не получаются кольца дыма, следует еще более уменьшить подачу водорода.

Примечание. Окончание опыта следует проводить так. Выключив нагревание, отставить в сторону колбонагреватель и опустить сетку. Усилить ток водорода и дать колбе остыть. Прекратить доступ водорода, закрыв зажим (см. рис. 30) и отделив трубку от баллона. Теперь осторожно вынести прибор из аудитории в вытяжной шкаф, следя за тем, чтобы конец стеклянной трубки в кристаллизаторе оставался под водой. Оставить прибор стоять некоторое время, затем осторожно разобрать. Содержимое колбы сильно разбавить водой, отфильтровать через бумажный фильтр, который затем, подсушив немного, сжечь.

О п ы т 269

Получение фосфористого водорода при гидролизе фосфида кальция



Подготовка. Фосфид кальция Ca_3P_2 . Соляная кислота (1 : 3). Демонстрационный бокал или стакан емкостью 500 мл. Щипцы.

Выполнение. Налить в бокал воды, подкисленной соляной кислотой. Бросить в бокал кусочки фосфида кальция, беря их из склянки сухими щипцами. Тотчас наблюдается выделение пузырьков газа; выходя из жидкости, пузырек газа сгорает, образуя кольцо белого дыма — фосфорный ангидрид. При этой реакции образуется газообразный фосфористый водород PH_3 и жидкий фосфористый водород P_2H_4 ; пары жидкого P_2H_4 при соприкосновении с воздухом воспламеняются и поджигают газообразный фосфористый водород.

Примечание. После демонстрации опыта быстро перенести бокал в вытяжной шкаф и оставить на несколько часов.

О п ы т 270

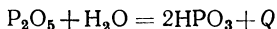
Взаимодействие фосфорного ангидрида с водой

Подготовка. Большой стакан. Ложечка. Фосфорный ангидрид. Метилловый оранжевый.

Выполнение. В стакан на $\frac{3}{4}$ объема налить воды. Ссыпать в воду фосфорный ангидрид с ложки. Происходит бурная реакция: слышится шипение, вода в бокале делается мутной из-за образующихся частиц метафосфорной кислоты, которые постепенно растворяются. Прибавить в бокал несколько капель метилового оранжевого: окраска раствора розовая.

О п ы т 271

Вспышка нитрованной ваты при взаимодействии фосфорного ангидрида с водой



При взаимодействии фосфорного ангидрида с водой выделяется значительное количество тепла, что приводит к мгновенному воспламенению нитроваты.

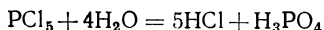
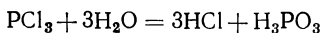
Подготовка. Нитровата (способ приготовления см. опыт 260). Фосфорный ангидрид. Стакан с водой. Пипетка. Керамическая пластинка. Ложечка.

Выполнение. На керамическую пластинку положить небольшой кусочек нитроваты. На нее насыпать ложечкой

немного фосфорного ангидрида. Теперь капнуть на фосфорный ангидрид из пипетки 1—2 капли воды. Нитровата тотчас вспыхивает и мгновенно сгорает.

О п ы т 272

Гидролиз трех- и пятихлористого фосфора



Подготовка. PCl_3 (в пробирке). Большой стакан с теплой водой. Часовое стекло. Пипетка. Стеклянная палочка. Раствор аммиака. Метиловый оранжевый. PCl_5 .

Выполнение. Положить на часовое стекло немного кристаллов пятихлористого фосфора и прилить из пипетки несколько капель воды. Появляется белый дымок. При помощи палочки, смоченной концентрированным аммиаком, показать, что это дымок хлористого водорода.

Вылить содержимое приготовленной пробирки с PCl_3 в стакан с теплой водой: жидкость опускается на дно и сначала незаметно никакой реакции. Через небольшой промежуток времени происходит разогревание, появляются струи, идут пузырьки газа; весь треххлористый фосфор приходит в вихреобразное движение. Все эти явления происходят весьма энергично. Поднеся к стакану палочку, смоченную аммиаком, убедиться в том, что выделяется хлористый водород. Прибавив к раствору в стакане несколько капель метилового оранжевого, показать, что раствор имеет кислую реакцию — окраска раствора розовая (белый фон).

Примечание. В случае отсутствия треххлористого фосфора его можно приготовить заранее или на демонстрационном столе. См. опыт 273.

О п ы т 273

Получение треххлористого фосфора

Опыт требует значительного времени, внимания, тщательности выполнения и довольно сложного оформления.

Подготовка. Прибор для получения хлора. Источник CO_2 . Белый фосфор. Водяная баня. Прибор для синтеза PCl_3 (рис. 31).

Взять длинногорлую колбу Вюрца емкостью 200 мл с низкоприпаиванной отводной трубкой; отводная трубка должна быть достаточно длинной (20—25 см) и широкой (около 0,8 см): она будет служить холодильником. Колбу закрыть хорошо подобранной резиновой пробкой, через которую проходит тройник. Через вертикальную трубку тройника вставить в колбу длинную стеклянную трубку, согнутую под прямым углом (для подачи в колбу хлора). С верхним концом тройника трубка соединяется при помощи отрезка эластичной резиновой трубки, смазанной глицерином. Такое соединение позволяет легко поднимать или опускать трубку, подающую хлор. Короткий боковой отросток тройника соединить с источником двуокиси углерода. На конец отводной трубки колбы надеть форштос, соединенный с пробиркой-приемником. Приемник должен быть с отводной трубкой, которая позволяет соединить прибор со стаканом, в котором помещен раствор щелочи для поглощения хлора. (Отводную трубку не опускать в раствор!) Пробирку-приемник поместить в стакан со льдом.

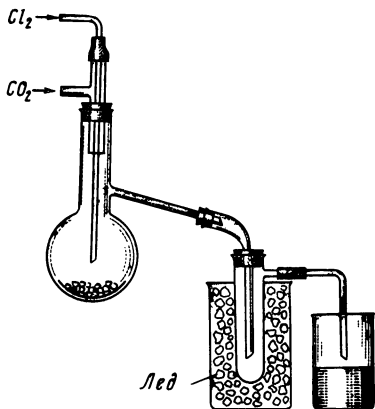


Рис. 31. Прибор для получения треххлористого фосфора

Выполнение. На дно колбы поместить немного асбестового волокна. Соединить прибор с источником хлора и аппаратом Киппа. Пропустить через прибор сильный ток двуокиси углерода (для вытеснения воздуха). Затем, подняв пробку с тройником, быстро бросить в колбу несколько кусочков белого фосфора. Снова быстро закрыть пробку (подача CO_2 в колбу продолжается). Теперь опустить колбу в горячую водяную баню (80—90° С). Когда фосфор расплавится, убрать водяную баню и прекратить ток двуокиси углерода. Установить трубку, подводящую хлор, так, чтобы конец ее был над фосфором на расстоянии приблизительно 2 см. Пропустить сильный ток хлора: фосфор воспламеняется и сгорает зеленоватым пламенем. После этого

несколько поднять трубку, подводящую хлор; треххлористый фосфор перегоняется в приемник в виде бесцветной жидкости (температура кипения 76°C). Нужно следить за тем, чтобы пары фосфора были в избытке (это можно определить по пламени на конце трубки, подводящей хлор). В противном случае может образоваться белый налет пятихлористого фосфора. Образовавшийся треххлористый фосфор использовать для демонстрации его гидролиза (см. опыт 272).

Примечание. Помнить, что перед разборкой прибора, прекратив ток хлора, пропустить через него ток двуокиси углерода. Если в колбе остался фосфор, извлечь и сжечь его под тягой.

О п ы т 274

Получение сурьмянистого водорода (опыт Марша)

Подготовка. Раствор хлорида сурьмы. Серная кислота (1 : 5). Гранулированный цинк. Пробирки. Фарфоровая чашка. Щипцы. Лучинка. Прибор, изображенный на рис. 32.

Собрать прибор. Толстостенную колбу* емкостью 500 мл закрыть резиновой пробкой, через которую проходит воронка с длинной трубкой, доходящей почти до дна, и короткий отрезок стеклянной трубки, при помощи которого колбу соединить с термостойкой стеклянной трубкой длиной 25—30 см. Конец этой трубки оттянут и загнут вверх. Эта трубка называется трубкой Марша. Трубку укрепить в штативе.

При подготовке прибора к демонстрации поместить в колбу гранулированный цинк. В таком виде прибор установить в аудитории.

Выполнение. Через воронку налить в колбу с цинком серной кислоты (нижний конец воронки должен быть погружен в кислоту). Теперь нужно выждать некоторое время: водород вытеснит из прибора воздух.

Надев на загнутый вверх конец трубки Марша пробирку и затем поднося ее к горящей спиртовке, проверить, весь ли воздух вытеснен, и лишь после этого поджечь лучинкой водород. Он горит бесцветным пламенем. Налить через воронку 3—5 мл раствора хлорида сурьмы. Форма и окраска пламени вскоре же изменяются: обра-

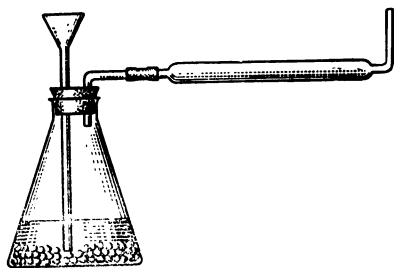


Рис. 32. Прибор для демонстрации получения сурьмянистого водорода (опыт Марша)

* Рекомендуется окружить колбу предохранительной сеткой.

зуется сурьмянистый водород, пламя вытягивается, становится голубым; над ним виден белый дымок — образуется сурьмянистый ангидрид Sb_2O_3 . При внесении в пламя холодного предмета, например фарфоровой чашки, на ней появляется черный налет сурьмы в результате неполного сгорания сурьмянистого водорода.

При нагревании сурьмянистый водород разлагается на сурьму и водород. Это можно продемонстрировать, нагревая стеклянную трубку Марша. Темное пятно сурьмы (зеркало) появится справа от места нагрева. Сурьма летуча, и зеркало можно перегонять с места на место.

Примечание. По окончании опыта колбу следует наполнить водой доверху. Теперь можно разобрать прибор. Налет сурьмы смыть концентрированной азотной кислотой.

Совершенно аналогично можно демонстрировать получение мышьяковистого водорода.

Продemonстрировать образование висмутового водорода не удастся из-за его крайней неустойчивости.

О п ы т 275

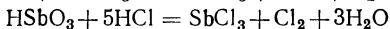
Гидролиз хлорида сурьмы

Подготовка. Демонстрационный бокал или стакан емкостью 750—1000 мл. Раствор хлорида сурьмы SbCl_3 . Концентрированная соляная кислота.

Выполнение. В бокал налить несколько миллилитров раствора хлорида сурьмы, прилить немного воды. Выпадает белый осадок. Растворить осадок, прибавив концентрированной соляной кислоты. Снова, прибавляя воду, вызвать появление осадка. Прибавить соляную кислоту — осадок растворится. Это можно проделывать до тех пор, пока позволяет объем стакана.

О п ы т 276

Окислительные свойства сурьмяной кислоты



Подготовка. Сурьмяная кислота. Концентрированная соляная кислота. Раствор иодида калия. Фильтровальная бумага. Стеклянный цилиндр емкостью 100 мл.

Для получения сурьмяной кислоты подействовать на измельченную металлическую сурьму концентрированной

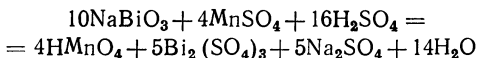
азотной кислотой, затем слабо подогреть. При этом образуется белый осадок сурьмяной кислоты. Дать осадку осесть, несколько раз промыть его декантацией.

Перед лекцией поместить осадок в стеклянный цилиндр.

Выполнение. Подействовать на осадок сурьмяной кислоты в цилиндре несколькими миллилитрами концентрированной соляной кислоты. Цилиндр покрыть листком фильтровальной бумаги, смоченным раствором иодида калия. Видно, что в цилиндре появляется желто-зеленый газ. То, что выделяется хлор, наглядно показывает также темное пятно иода, выделившегося на листке фильтровальной бумаги.

О п ы т 277

Окислительные свойства висмутата натрия



Подготовка. Демонстрационный бокал или стакан емкостью 200—250 мл. Висмутат натрия (сухая соль). Раствор сульфата марганца. Концентрированная серная кислота. Пипетка. Ложечка.

Выполнение. В бокал налить воды, подкисленной серной кислотой, прибавить пипеткой 1—2 (но не больше) капли раствора сульфата марганца. Затем прибавить немного висмутата натрия. Раствор тотчас окрашивается в ярко-розовый цвет: образуется ион MnO_4^- .

О п ы т 278

Получение сульфидов сурьмы и висмута

Подготовка. Растворы: хлорид сурьмы, нитрат висмута. Сероводородная вода. Многосернистый аммоний. Стаканы емкостью 200—250 мл.

Для получения многосернистого аммония следует растворить мелкорастертую серу в концентрированном растворе сульфида аммония.

Выполнение. Налить в стаканы растворы хлорида сурьмы и нитрата висмута, прибавить сероводородную воду. Выпадают осадки: оранжевый сульфид сурьмы и черный сульфид висмута. Перенести часть осадков в другие стаканы и прилить в них раствор многосернистого аммония. Сульфид сурьмы растворяется, а сульфид висмута не растворяется в многосернистом аммонии.

ХІІІ. УГЛЕРОД

О п ы т 279

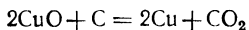
Поглощение активированным углем паров брома

Подготовка. Стекланный цилиндр с притертой пробкой. Бром. Активизированный уголь (в кусочках).

Выполнение. Наполнить стекланный цилиндр парами брома. Для этого, осторожно наклонив склянку с бромом, вылить в цилиндр тяжелые пары. Теперь прибавить 1—2 ложки активированного угля. Встряхнуть цилиндр несколько раз — окраска паров брома мгновенно исчезает (белый фон!).

О п ы т 280

Восстановление углем окиси меди



Подготовка. Термостойкая пробирка, стакан емкостью 300—500 мл. Смесь порошка окиси меди (8 г) и древесного угля (0,6 г). Известковая вода.

Выполнение. Поместить приготовленную смесь в пробирку и укрепить ее в штативе: закрыть пробирку пробкой с проходящей через нее стекланный трубкой, согнутой под прямым углом. Стекланную трубку опустить в стакан с известковой водой. Прогреть пробирку в пламени газовой горелки, затем сильно нагреть смесь. Вскоре изменится окраска смеси: появится красноватый цвет металлической меди. Известковая вода мутится.

ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ УГЛЕРОДА

МЕТАН

О п ы т 281

Взрыв метана с кислородом

Подготовка. Стекланный цилиндр с пришлифованной пластинкой. Сырое полотенце. Длинная лучинка.

Цилиндр разделить метками (краска, восковой карандаш) на три равные части и наполнить под водой двумя объемами кислорода и одним объемом метана.

Метан проще всего получить нагреванием ацетата натрия со щелочью. Следует пользоваться безводным ацетатом натрия и сухой щелочью.

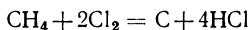
Смешать 1 вес. ч. ацетата натрия с 3 вес. ч. щелочи и поместить смесь в тугоплавкую пробирку, закрытую пробкой с отводной трубкой. Сначала нагреть смесь осторожно, затем более сильно. Если смесь была влажной, пробирка может лопнуть. Лучше всего укрепить пробирку в горизонтальном положении. Более удобны для этого медные пробирки.

Газ собирать под водой; сначала в пробирку (для испытания его на горючесть), затем заполнить необходимое количество цилиндров.

Выполнение. Цилиндр, наполненный газами и закрытый пластинкой, тщательно обернуть сырым полотенцем или окружить предохранительной сеткой. Зажечь длинную лучинку и, сняв притшлифованную пластинку, поднести ее к отверстию цилиндра. Раздается сильный взрыв.

О п ы т 282

Горение метана в хлоре



Подготовка. Стекланный цилиндр с притшлифованной пластинкой, наполненный хлором (стр. 106). Стекланная трубка с оттянутым концом для горения газов. Газометр с метаном. Лучинка. Стекланная палочка. Концентрированный раствор аммиака.

Метан собрать в небольшой газометр (около 6 л). К работе приступить только после ознакомления с правилами наполнения газометров и обращения с ними. Из предосторожности перед наполнением газометра метаном следует в газометр наливать свежую воду. После наполнения открыть кран воронки с водой, чтобы газ всегда был под давлением и чтобы в газометр не мог проникнуть воздух. Перед демонстрацией опыта обязательно сделать пробу на отсутствие взрывчатой смеси. После демонстрации опытов остав-

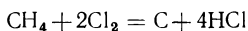
шийся газ выпустить в вытяжном шкафу. Хранить метан в газометре воспрещается.

Выполнение. Соединить стеклянную трубку для горения газов с газометром (через склянку Тищенко), пропустить сильную струю метана (для вытеснения воздуха из трубки), а затем поджечь метан. Метан спокойно горит почти бесцветным пламенем. Теперь внести трубку с горящим метаном в цилиндр с хлором. Метан продолжает гореть, образуются клубы сажи. Поднести к отверстию цилиндра смоченную концентрированным раствором аммиака стеклянную палочку: видны белые пары хлорида аммония.

Примечание. Аналогичным способом можно показать горение метана в парах брома.

О п ы т 283

Взрыв метана с хлором



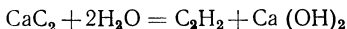
Подготовка. Стеклянный цилиндр, разделенный метками на три равные части, наполнить над водой двумя объемами хлора и одним объемом метана. Закрыть пришлифованной пластинкой.

Выполнение. Поджечь лучинку, снять пришлифованную пластинку, поднести лучинку к отверстию цилиндра. Происходит слабый взрыв с характерным звуком. На стенках цилиндра появляется налет сажи.

АЦЕТИЛЕН

О п ы т 284

Получение ацетилена и его горение



Подготовка. Карбид кальция. Пробирка. Пробка к ней с коротким отрезком стеклянной трубки с вытянутым концом.

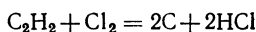
Выполнение. Положить в пробирку 2—3 кусочка карбида кальция и прибавить немного воды или насыщенного раствора хлорида натрия. Плотнo закрыть пробирку пробкой и, выждав немного, чтобы избежать образования гремучей смеси ацетилена с воздухом, поджечь ацетилен у оттянутого конца стеклянной трубки. Ацетилен горит белым, сильно коптящим пламенем.

Примечание. Помнить, что смесь ацетилена с воздухом обладает гораздо большей взрывчатой силой, чем другие гремучие смеси.

Смесь ацетилена с кислородом ни в коем случае нельзя воспламенять! Воспрещается хранить ацетилен в газометрах!

О п ы т 285

Вспышка ацетилена в хлоре



Подготовка. Прибор для получения хлора (стр. 109). Стеклянный цилиндр. Длинная стеклянная трубка. Хлорная вода. Карбид кальция.

Выполнение. К прибору для получения хлора присоединить длинную стеклянную трубку. Трубку опустить в цилиндр, наполненный почти до краев хлорной водой. Получать хлор и пропускать его в цилиндр. Затем бросить в цилиндр несколько кусочков карбида кальция. Сразу же на поверхности жидкости в цилиндре появляются вспышки: ацетилен горит в хлоре, обильно выделяя сажу.

О п ы т 286

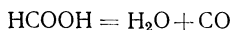
Взаимодействие ацетилена с бромом

Подготовка. Стеклянный цилиндр. Концентрированная бромная вода. Карбид кальция.

Выполнение. Налить в стеклянный цилиндр почти до краев бромной воды. Бросить в цилиндр несколько кусочков карбида кальция. Бромная вода почти мгновенно обесцвечивается.

О п ы т 287

Получение окиси углерода и ее горение



Проводя опыты с окисью углерода, помнить, что она ядовита.

Подготовка. Колба Вюрца. Капельная воронка. Кристаллизатор. Цилиндры, закрытые пластинками. Лучинка. Спиртовка.

В колбу Вюрца поместить (на 1/3 объема) концентрированную серную кислоту, в капельную воронку налить муравьиной кислоты.

Выполнение. Колбу Вюрца с капельной воронкой укрепить в штативе и нагревать колбу спиртовкой до 40—50° С. Затем медленно по каплям приливать к нагретой серной кислоте муравьиную кислоту. Горелку отставить. Если серная кислота достаточно нагрета, начинается равномерное выделение окиси углерода. Выждав некоторое время, собрать окись углерода над водой в цилиндр. Когда цилиндр наполнится, закрыть его под водой стеклянной пластинкой.

Нельзя газу позволять выделяться в помещение. Прежде чем приступить к выполнению опыта с первым цилиндром, заполнить окисью углерода над водой требуемое число цилиндров для других опытов. Продолжать собирать газ до тех пор, пока он выделяется. А оставшийся в цилиндрах неиспользованный газ сжечь после лекции.

Зажечь лучинку и, сняв пластинку, поднести ее к отверстию цилиндра. Окись углерода горит синим пламенем. Если вливать в цилиндр воду из стакана, язык пламени все время будет над отверстием цилиндра.

Примечание. После наполнения цилиндров прибор унести в вытяжной шкаф.

Для прекращения реакции охладить колбу. Затем наполнить колбу доверху водой, чтобы вытеснить имеющийся в ней газ. Теперь прибор можно разбирать.

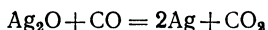
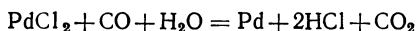
Взрыв окиси углерода с кислородом

Подготовка. Прибор для получения окиси углерода (см. опыт 287). Источник кислорода (газметр или баллон). Цилиндр для собирания газов, разделенный метками на три равные части.

Выполнение. Цилиндр наполнить над водой одним объемом кислорода и двумя объемами CO. Цилиндр закрыть стеклянной пластинкой, вынуть из кристаллизатора и 2—3 раза перевернуть. Зажечь лучинку и поднести ее к отверстию цилиндра, предварительно сняв пластинку. Происходит взрыв.

О п ы т 289

Восстановительные свойства окиси углерода



Подготовка. Цилиндры, наполненные окисью углерода. Хлорид палладия (1%-ный раствор). Аммиачный раствор окиси серебра. Полоски фильтровальной бумаги.

Для приготовления аммиачного раствора окиси серебра следует к 20—30 мл 0,1 н. раствора AgNO_3 добавлять разбавленный раствор аммиака до тех пор, пока выпадающая сначала гидроокись серебра не растворится.

Выполнение. 1. Опустить полоску фильтровальной бумаги в раствор хлорида палладия. Слегка сдвинув пластинку цилиндра с окисью углерода, ввести в него полоску и быстро закрыть. Бумага вскоре потемнеет и через 2—3 мин становится совершенно черной.

Таким способом можно обнаружить окись углерода в светильном газе.

2. Аммиачный раствор окиси серебра нагреть до 30—40° С. Большую часть его быстро влить в цилиндр с окисью углерода и закрыть цилиндр пластинкой. Оставшийся раствор сохранить для сравнения. Через 2—3 сек жидкость в цилиндре начинает темнеть, а через несколько минут делается черной.

Этот опыт можно провести так же, как предыдущий. Смочить аммиачным раствором окиси серебра полоску фильтровальной бумаги. Одну часть бумаги ввести в цилиндр, другую оставить для сравнения на воздухе.

ДВУОКИСЬ УГЛЕРОДА

О п ы т 290

Плотность двуокиси углерода

Подготовка. Аппарат Киппа для получения двуокиси углерода. Длинная газоотводная трубка. Три стакана емкостью 2 л. Демонстрационные весы.

Выполнение. На демонстрационных весах уравновесить два стакана, для уравнивания удобно применять дробь. Третий стакан наполнить двуокисью углерода, опустив в него длинную газоотводную трубку, соединенную с аппаратом Киппа. Поднести наполненный двуокисью углерода стакан к одному из стаканов, уравновешенных на весах. Наклонить стакан с газом и медленно перелить его в стакан на весах. Равновесие весов нарушается.

О п ы т 291

Тушение свечей двуокисью углерода

Подготовка. Аппарат Киппа. Большая склянка емкостью 2—3 л. Длинная газоотводная трубка, доходящая до дна сосуда. «Лесенка» из толстой стеклянной палочки или из проволоки с прикрепленными к ней свечами. Покровное стекло.

Выполнение. Свечи зажечь и опустить «лесенку» в стеклянный сосуд. Опустить в сосуд газоотводную трубку, доходящую до дна и соединенную с аппаратом Киппа. Пустить ток двуокиси углерода. По мере того как двуокись углерода будет наполнять сосуд снизу, свечи будут гаснуть одна за другой. Когда погаснет последняя свечка на верхней ступеньке, вынуть «лесенку» из сосуда и покрыть его покровным стеклом.

Наполненный двуокисью углерода сосуд использовать в следующем опыте.

О п ы т 292

Тушение «пожара» двуокисью углерода

Подготовка. Стакан емкостью 2—3 л. Сосуд, наполненный двуокисью углерода. Фарфоровая чашка. Бензин.

Выполнение. В стакан налить немного бензина; поворачивая его, смочить бензином стенки. Избыток бензина вылить в фарфоровую чашечку. Поджечь бензин в стакане, бросив в него горящую спичку. Затем взять наполненный двуокисью углерода сосуд, наклонить его и спокойно перелить двуокись углерода в стакан, где горит бензин. Пламя гаснет. «Пожар» потушен.

О п ы т 293

Получение снега в пламени светильного газа

Подготовка. Металлический шарик, припаянный к спице (или металлическая трубка). Сосуд Дьюара с жидким воздухом. Стакан с водой. Газовая горелка.

Выполнение. Опустить шарик в сосуд с жидким воздухом. Когда кипение жидкости прекратится, вынуть его и поддержать несколько минут на воздухе. Пары воды из воздуха конденсируются на шарике: он покрывается белым налетом инея. Внести теперь шарик в пламя газовой горелки. Слой снега не исчезает; наоборот, он заметно увеличивается: продукты горения светильного газа — пары воды и углекислый газ — осаждаются на сильно охлажденном шарике в твердом состоянии. Опустить шарик в стакан с водой — он покрывается слоем льда.

О п ы т 294

Тушение «пожара» четыреххлористым углеродом

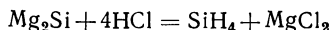
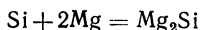
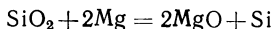
Подготовка. Фарфоровая чашка. Керамическая пластинка. Стакан. Бензин. Четыреххлористый углерод.

Выполнение. Поставить на керамическую пластинку фарфоровую чашечку, в нее налить немного бензина и поджечь его. Из стакана вылить в чашку немного четыреххлористого углерода. Тотчас «пожар» в чашке гаснет.

XIV. КРЕМНИЙ

О п ы т 295

Получение кремния и кремневодородов



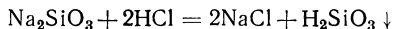
Подготовка. Пробирка и держалка к ней. стакан с водой. Соляная кислота (1:3). Смесь 10 г сухого кварцевого песка и 16 г магния (в порошке). Керамическая пластинка.

Выполнение. Подкислить соляной кислотой воду в стакане. Положив в пробирку приготовленную смесь (1/4 объема), осторожно прогреть в пламени горелки всю пробирку, затем сосредоточить нагревание в одном месте. Начавшись, реакция быстро распространяется по всей смеси. Тотчас прекратить нагревание. Пробирку положить на керамическую пластинку и дать слегка остыть. Затем разбить пробирку, бросив ее в стакан с водой, подкисленной соляной кислотой. Начинается бурная реакция, и на поверхности жидкости с легкими хлопками появляются вспышки.

В результате этой реакции сначала появляется аморфный кремний, взаимодействующий с магнием с образованием кремнистого магния Mg_2Si ; при взаимодействии последнего с соляной кислотой образуется моносилан SiH_4 — водородистый кремний, другие силаны и водород. Соприкасаясь с воздухом, выделяющийся газ воспламеняется.

О п ы т 296

Получение геля кремниевой кислоты



Подготовка. Демонстрационный узкий бокал. Стекляная палочка. Раствор силиката натрия (10%-ный). Соляная кислота (1 : 3).

Выполнение. Налить в бокал раствор силиката натрия и, помешивая стеклянной палочкой, прибавлять соляную кислоту. Вскоре в растворе появляется опалесценция, и он застывает в сплошную массу, в которой палочка стоит в вертикальном положении.

Примечание. Силикат натрия разъедает стекло, поэтому по окончании демонстрации опыта следует тотчас вымыть бокал.

О п ы т 297

Превращение золь кремниевой кислоты в гель

Подготовка. Большая пробирка и держалка к ней. Спиртовка. Разбавленный раствор силиката натрия. Концентрированная соляная кислота.

Выполнение. В пробирку налить (около $1/5$ объема) раствор силиката натрия, прибавить равный объем концентрированной соляной кислоты. В пробирке — совершенно прозрачная, текучая жидкость. Теперь осторожно нагреть пробирку в пламени спиртовки. Перевернуть пробирку; видно, что вся жидкость в пробирке превратилась в прозрачную застывшую массу: золь кремниевой кислоты превратился в гель.

О п ы т 298

Свойства кварцевого и обычного стекла

Подготовка. Газовая горелка. Пробирка из обычного стекла. Колбочка из кварцевого стекла. стакан емкостью 500 мл с водой. Держалка для пробирок.

Выполнение. 1. Колбочку из кварцевого стекла сильно накаливать в пламени газовой горелки и опустить в стакан с водой. Слышится шипение и треск от резкого испарения воды, но колбочка не лопается (коэффициент расширения у кварцевого стекла очень мал, примерно в 15 раз меньше, чем у обычного стекла).

2. Раскалить пробирку из обычного стекла в пламени газовой горелки и опустить в стакан с водой. На дно падают куски растрескавшейся пробирки.

О п ы т 299

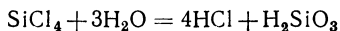
Гидролиз стекла

Подготовка. Осколки стекла. Фарфоровая ступка с пестиком. Фенолфталеин.

Выполнение. Осколки стекла положить в фарфоровую ступку и тщательно растереть пестиком в порошок. Надеть предохранительные очки! Затем добавить немного воды и несколько капель фенолфталеина. Хорошо видна розовая окраска, указывающая на частичный переход входящего в состав стекла силиката натрия в раствор.

О п ы т 300

Гидролиз четыреххлористого кремния



Подготовка. Часовое стекло. Бокал или стакан с водой. Запаянная ампула с SiCl_4 .

Выполнение. Надломив запаянный конец ампулы с SiCl_4 , вылить часть жидкости на часовое стекло. Над ним поднимается белый туман (черный фон!).

Густой белый туман можно наблюдать, выливая содержимое ампулы в бокал с водой.

XV. МЕТАЛЛЫ

Здесь рассматриваются некоторые общие свойства металлов и химические свойства окислов и перекисей (на примере ряда металлов главных подгрупп периодической системы).

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

Внешний вид (блеск и цвет) металлов показать, расставив на демонстрационном столе образцы (по возможности, крупные) различных металлов: Fe, Al, Mg, Zn, Cr, Ti, Cu, Sn, Pb и др. Для сравнения можно показать и образцы неметаллов.

О п ы т 301

Изменение структуры металлов при нагревании

Подготовка. Палочки цинка и олова (толщина 0,5—0,7 см, длина 15—20 см). Плоскогубцы.

Выполнение. При обычной температуре цинк хрупок и легко обламывается плоскогубцами.

Теперь, держа палочку цинка за один конец плоскогубцами, нагревать ее в пламени газовой горелки по всей длине (температура 100—150° С). После этого при помощи вторых плоскогубцев палочку можно легко согнуть в кольцо. Охладить цинк, опустив его в стакан с водой, — разогнуть кольцо не удастся, цинк снова ломается.

Палочка, отлитая из олова, при обычной температуре легко гнется. Конец палочки внести в пламя газовой горелки и нагревать до тех пор, пока олово не начнет легко ломаться при помощи плоскогубцев или щипцов. Олово делается хрупким при 200° С. Когда оно остывает, то снова будет легко гнуться.

О п ы т 302

Ферромагнитные свойства металлов

Из химических элементов при обычных условиях ферромагнитными свойствами обладают железо, кобальт и никель. Для каждого из них существует определенная температура

(точка Кюри), выше которой ферромагнетизм теряется: для Fe 760°C , для Co 1075°C , для Ni 362°C .

Подготовка. Никелевая проволока (толщина около 1 мм, длина 25—30 см). Магнит.

Для удобства наблюдения к одному концу никелевой проволоки прикрепить стрелку-указатель (на тонкой проволоке полоска жести или бумаги).

Выполнение. Положить никелевую проволоку на кольцо штатива и показать, что никель хорошо притягивается поднесенным к концу проволоки магнитом. Затем пламенем газовой горелки нагреть конец проволоки до красного каления. Убрать горелку и снова поднести к концу проволоки магнит. Никель магнитом не притягивается. Конец проволоки начнет подниматься магнитом только после того, как температура никеля понизится (ниже 362°C). Этот опыт можно показать, используя никелевую пластинку. Поднять пластинку магнитом и слегка нагреть ее в пламени горелки. Спустя короткое время пластинка падает на стол.

О п ы т 303

Влияние температуры на электропроводность металла

Подготовка. Собрать установку по схеме, изображенной на рис. 33. Сосуд Дьюара с жидким воздухом. Катушка тонкой медной проволоки.

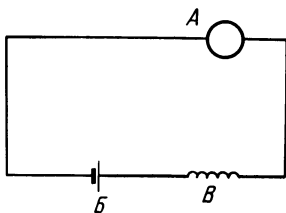


Рис. 33. Схема для демонстрации изменения электропроводности металлов.

А — демонстрационный гальванометр; Б — батарея типа КБС-Л-0,59; В — катушка тонкой медной проволоки

Выполнение. Показать, что при комнатной температуре стрелка гальванометра слегка отклоняется, регистрируя слабую силу тока в цепи. Теперь поместить катушку медной проволоки в фарфоровую чашку и облить жидким воздухом. Стрелка гальванометра отклоняется сильно, показывая увеличение силы тока в связи с увеличением электропроводности меди с понижением температуры.

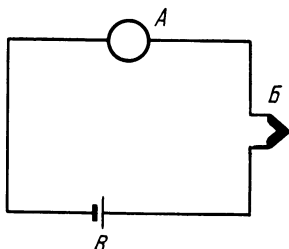
Влияние температуры на электропроводность полупроводника (термистор)

Подготовка. Собрать схему, приведенную на рис. 34.

Выполнение. Показать, что при замкнутой цепи стрелка гальванометра слабо отклоняется. Если теперь нагреть термистор пламенем спиртовки или спичкой (осторожно!),

Рис. 34. Схема для демонстрации изменения сопротивления термистора:

A — демонстрационный гальванометр;
B — термистор;
B — батарея 60 — 80 в



стрелка гальванометра сильно отклоняется, — наблюдается увеличение силы тока в связи с увеличением электропроводности полупроводника при повышении температуры.

О п ы т 305

Внешний фотоэффект (фотоэлемент)

Под влиянием многих внешних факторов, в частности, под влиянием освещения, электроны могут выходить через поверхность металлов или полупроводника в окружающую среду. Такое явление носит название внешнего фотоэффекта, а приборы, основанные на его использовании, называются фотоэлементами.

Явление же уменьшения электрического сопротивления полупроводника под действием света называется внутренним фотоэффектом, а основанные на этом явлении приборы — фотосопротивлениями.

Подготовка. Собрать цепь, состоящую из последовательно включенных демонстрационного гальванометра и фотоэлемента (например, селенового). Лампа.

Выполнение. Показать, что, когда фотоэлемент не освещен, стрелка гальванометра не отклоняется. Освещение фотоэлемента лампой вызывает заметное отклонение стрелки гальванометра.

Внутренний фотоэффект (фотосопротивление)

Подготовка. Собрать схему, изображенную на рис. 35. Лампа.

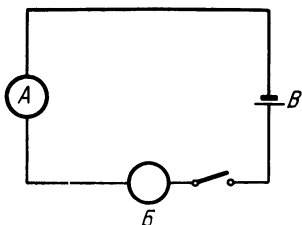


Рис. 35. Схема для демонстрации внутреннего фотоэффекта:

А — демонстрационный гальванометр; Б — фотосопротивление (например, ФС-А1); В — батарея 60—80 в

Выполнение. Показать, что при замыкании собранной цепи стрелка гальванометра почти не отклоняется. Теперь осветить фотосопротивление лампой. Наблюдается отклонение стрелки гальванометра.

О п ы т 307

Термоэлектродвижущая сила (термопары)

В местах соприкосновения (спаях) разнородных металлических проводников возникает э. д. с., величина которой зависит от температуры спая. На этом явлении основано действие термопар, применяемых для измерения температуры.

При одной и той же температуре различные термопары дают различные значения э. д. с. Так, термопара хромель-алюмель при 300°C дает э. д. с. $12,2\text{ мВ}$, при 400° — $16,4\text{ мВ}$. Термопара хромель-копель дает соответственно $23,1$ и $31,5\text{ мВ}$, а платино-платинородиевая термопара дает только $2,30$ и $3,23\text{ мВ}$.

Подготовка. Термопары: например, хромель-алюмель, хромель-копель. Перекидной ключ. Зеркальный гальванометр со специальной шкалой (типа М-21). Тигельная печь (рис. 36). стакан с водой и льдом. Термометр ($300\text{—}400^{\circ}\text{C}$).

Установить зеркальный гальванометр так, чтобы показания прибора были хорошо видны на специальной шкале.

При помощи перекидного ключа соединить с гальванометром испытуемые термопары. Термопары следует подобрать такие, чтобы сравниваемые э. д. с. было удобно наблюдать на одной шкале при температуре 200—400° С.

Перед выполнением опыта предварительно нагреть печь.

Выполнение. Погрузить одни спаи термопар в тигельную печь, другие — в стакан с водой и льдом. При помощи перекидного ключа соединять с гальванометром то одну, то другую термопару. На гальванометре хорошо заметна разница в э. д. с., которая зависит от природы использованных в термопаре металлов.

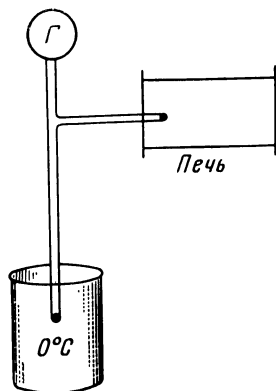


Рис. 36. Установка для демонстрации термоэлектродвижущей силы

ПОЛУЧЕНИЕ СПЛАВОВ И ИХ ТЕМПЕРАТУРА ПЛАВЛЕНИЯ

О п ы т 308

Сплав натрия с калием

Температура плавления сплава натрия с калием ниже температуры плавления самих металлов. При комнатной температуре сплав натрия с калием находится в жидком состоянии, а температура плавления натрия и калия соответственно 97,7 и 63° С.

Подготовка. Склянки с металлическими натрием и калием. Керосин. Щипцы или пинцеты. Нож. Стакан емкостью 250—300 мл.

Выполнение. В стакан налить керосина (почти 1/2 объема). Очистить от пленки окислов кусочки натрия и калия (Осторожно! Соблюдать все правила обращения с металлическими натрием и калием). Поместить их в стакан

с керосином (в поперечнике кусочки должны быть не менее 1 см). Держа кусочки пинцетом и не вынимая их из керосина, прижать их друг к другу и слегка потереть. На дно стакана падают капли сплава.

О п ы т 309

Сплав Вуда

Сплав Вуда также позволяет показать, как температура плавления сплава отличается от температуры плавления металлов, входящих в его состав. Температура плавления сплава Вуда около 70°C ($68,5^{\circ}\text{C}$), а температуры плавления олова, кадмия и висмута соответственно $231,9$, $320,9$ и $271,3^{\circ}\text{C}$.

Подготовка. Сплав Вуда в виде тонкой длинной палочки. Высокий стакан с водой, нагретой почти до кипения.

Если в лаборатории нет сплава Вуда, его легко приготовить. Отвесить 10 г олова, 7 г кадмия, 40 г висмута. Во избежание окисления металлов при сплавлении операцию следует производить под слоем парафина (под тягой).

Поместить в железный тигель олово и расплавленный парафин (слой парафина должен быть около 1 см). Нагревая тигель в пламени газовой горелки, расплавить олово, затем прибавить кадмий и висмут. Помешивая содержимое тигля железной проволокой, подогревать до получения однородного сплава. Дать сплаву остынуть и слить парафин. Сплав снова расплавить и отлить из него палочки. Для этого удобно применять форму из плотной свернутой в трубочку бумаги, закрыв один конец формы деревянной палочкой, или тонкую стеклянную трубку, запаиваемую с одного конца.

Выполнение. Опустить конец палочки из сплава Вуда в стакан с горячей водой. Сплав плавится и стекает каплями на дно стакана.

ЯВЛЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ЭЛЕКТРОННО-ДОНОРНЫМИ СВОЙСТВАМИ МЕТАЛЛОВ

О п ы т 310

Потенциал ионизации ртути

Для демонстрации ионизационного потенциала ртути предлагается использовать ртутный тиратрон, который в данной схеме работает как лампа.

Подготовка. Собрать схему, изображенную на рис. 37.

Схема включается в сеть с напряжением 220 в. Это напряжение подается на анод, а на катод через трансформатор — 5 в.

Для демонстрации удобно смонтировать всю схему на двух досках: на вертикальной укрепить вольтметр, переменное сопротивление и ключи I—III; на горизонтальной — все остальное. На видном месте поместить тиратрон.

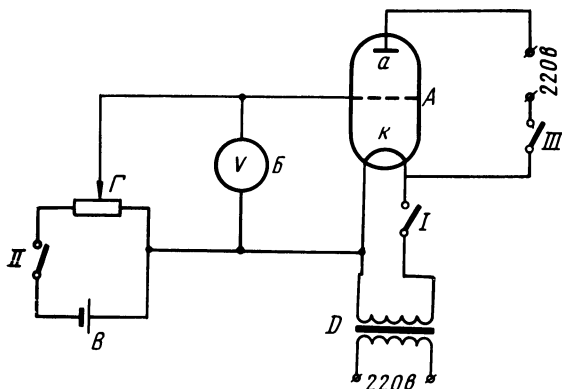


Рис. 37. Схема для демонстрации потенциала ионизации ртути:

А — ртутный тиратрон, В — вольтметр (до 15 в); Б — батарея 60—80 в, Г — переменное сопротивление; Д — понижающий трансформатор; I, II, III — ключи

Выполнение. Включить собранную схему в сеть и, замкнув ключ I, начать нагревание катода (нагревание катода должно продолжаться не менее 1 мин). Затем при помощи ключа II включить сеточное напряжение и тотчас при помощи ключа III — анодное напряжение. Теперь, вращая ручку потенциометра переменного сопротивления Г, увеличивать напряжение и следить за показаниями вольтметра В. Когда напряжение достигнет 10,4 в (ионизационный потенциал ртути), в лампе А вспыхнет разряд. Ничтожное уменьшение напряжения приводит к затуханию разряда в лампе.

Выключение прибора производится в обратном порядке: ключи III, II и I.

О п ы т 311

Окрашивание пламени солями щелочных металлов

Подготовка. Сухие хлориды лития, натрия, калия, рубидия и цезия. Пять маленьких фарфоровых тиглей. Отрезки платиновой проволоки, впаянные в куски стеклянных палочек. На конце проволоки должны иметь петлю.

В фарфоровых тигельках приготовить насыщенные растворы хлоридов лития, натрия, калия, рубидия и цезия.

В отсутствии платиновой проволоки можно взять обычную проволоку, на конец которой наклепать асбестовый наконечник (из мокрого асбеста).

Выполнение. Обмакивая проволочки в соответствующий раствор, вносить их по очереди в пламя газовой горелки и наблюдать различное окрашивание пламени солями щелочных металлов: литий окрашивает пламя в малиновый цвет, натрий — в желтый, калий — в фиолетовый, рубидий и цезий — в розово-фиолетовый цвет.

Окраска получается особенно четкой при использовании платиновой проволоки.

О п ы т 312

Окрашивание пламени солями щелочноземельных металлов

Подготовка и выполнение аналогичны предыдущему опыту.

Кальций окрашивает пламя в кирпично-красный цвет, стронций — в карминово-красный, барий — в зеленовато-желтый цвет.

Примечание. Подобным же образом можно продемонстрировать окрашивание пламени солями меди (зеленый цвет или ярко-голубой, если взята соль CuCl_2), солями свинца (бледно-синий цвет) и т. п.

О п ы т 313

Ряд напряжения. Вытеснение свинца цинком

Подготовка. Раствор ацетата свинца (приблизительно 0,4%-ный). Цинковая пластинка (или палочка). Высокий стакан емкостью 500—750 мл.

Раствор ацетата свинца слегка подкислить уксусной кислотой (на 250 мл раствора — несколько капель 30%-ной уксусной кислоты), чтобы не выпадала основная соль.

У цинковой пластинки можно разрезать края и причудливо загнуть их. Приготовленную таким образом пластинку подвесить к стеклянной палочке или лучинке.

Выполнение. Налить в стакан раствор ацетата свинца (до $\frac{3}{4}$ объема) и погрузить в него цинковую пластинку. Постепенно на цинке в виде черного пушистого налета выделяется свинец (сатурново дерево).

О п ы т 314

Вытеснение меди железом

Подготовка. Раствор медного купороса (конц.). Железная пластинка (или большой нож). Стакан емкостью 250—500 мл.

Раствор медного купороса следует слегка подкислить [на 250 мл раствора прибавить 1 мл H_2SO_4 (1 : 5)], чтобы не окислялся образующийся железный купорос и чтобы слой меди получался блестящим и плотным.

Перед опытом тщательно вычистить железную пластинку или нож наждачной бумагой.

Выполнение. Налить в стакан раствор медного купороса (до $\frac{3}{4}$ объема) и на несколько секунд опустить в него железный нож. Затем вынуть нож из раствора и протереть его фильтровальной бумагой. Нож покрыт ровным блестящим слоем меди.

Взяв избыток железа, эту реакцию можно довести до конца и показать, что в растворе образуется железный купорос.

В раствор медного купороса следует поместить крупные железные опилки (стакан емкостью 250—300 мл до половины наполнен раствором медного купороса, толщина слоя железных опилок около 0,5 см). Раствор взболтать. Постепенно синий цвет медного купороса исчезает, появляется зеленоватый оттенок, характерный для железного купороса. Опилки покрываются медью.

О п ы т 315

Вытеснение ртути медью

Когда медь вытесняет ртуть из раствора, последняя осаждается на меди в виде отдельных капель. Растирая

ртуть по поверхности меди, можно получить блестящий слой ртути.

Подготовка. Раствор нитрата ртути (разбавленный). Концентрированная азотная кислота. Медная пластинка. Щипцы. Стаканы емкостью 250 мл.

Выполнение. Налить в стакан азотную кислоту и, взяв медную пластинку щипцами, погрузить ее в кислоту. Как только начинается выделение окислов азота, пластинку из кислоты вынуть, окунуть в стакан с водой и тотчас опустить в приготовленный в третьем стакане раствор нитрата ртути. Спустя некоторое время вынуть пластинку из раствора соли ртути, промыть водой и протереть фильтровальной бумагой. Медная пластинка покрыта блестящим слоем ртути.

О п ы т 316

Вытеснение серебра ртутью

Подготовка. Раствор нитрата серебра (разбавленный). Ртуть чистая (в склянке на подносе). Узкий стеклянный цилиндр емкостью 200 мл.

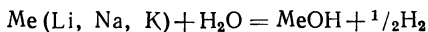
Для получения заметных кристаллов серебра концентрация раствора AgNO_3 подобрать заранее.

Выполнение. Поместить в цилиндр немного ртути и налить раствор нитрата серебра. Через час на поверхности ртути появляются кристаллы металлического серебра (черный фон!).

Примечание. Для большей эффектности демонстрации этого опыта следует проделать его за несколько дней до лекции. Тогда на лекции можно показать большие и красивые длинные иглы кристаллов серебра.

О п ы т 317

Взаимодействие лития, натрия и калия с водой



Щелочные металлы реагируют с водой энергично: калий загорается; можно заставить гореть и натрий.

Подготовка. Склянки с металлическим литием, натрием и калием. Щипцы или пинцеты. Нож. Большой кристаллизатор. Стакан емкостью 250—300 мл. Фенолфталеин.

Выполнение. 1. Кусочек металлического лития поместить в стакан с водой. Наблюдается выделение пузырьков водорода (черный фон!). Фенолфталеин придает раствору розовую окраску.

2. Небольшой кусочек натрия (величиной с горошину) очистить от пленки окислов и тщательно обсушить между листками фильтровальной бумаги (осторожно!). Затем бросить кусочек натрия пинцетом в кристаллизатор с водой. Тотчас наблюдается образование шарика расплавленного натрия, который быстро движется по поверхности воды. По окончании реакции прилить в кристаллизатор несколько капель фенолфталеина. Раствор окрашивается в розовый цвет.

Чтобы показать, что, взаимодействуя с водой, натрий может загореться, следует положить на поверхность воды в кристаллизаторе листок фильтровальной бумаги, а затем положить на него кусочек натрия. Через несколько секунд натрий загорится.

3. Очищенный от пленки окиси маленький кусочек калия (величиной с булавочную головку) бросить в кристаллизатор с водой. Калий тотчас загорается, горит фиолетовым пламенем и движется по поверхности воды. В конце реакции всегда происходит легкое разбрызгивание, так что не следует стоять очень близко или наклоняться над кристаллизатором.

Примечание. Кристаллизатор, в котором будет демонстрироваться взаимодействие щелочных металлов с водой, следует тщательно вымыть раствором соды. Помнить, что шарик натрия легко пристает к стеклу, если оно недостаточно хорошо вымыто.

О п ы т 318

Взаимодействие кальция с водой

Взаимодействие щелочноземельных металлов (в частности, кальция) с водой менее энергично, чем щелочных металлов.

Подготовка. Металлический кальций (кусочки или стружки). Фенолфталеин. Стакан емкостью 250—300 мл. Щипцы.

Выполнение. Поместить в стакан с водой кусочки или стружки металлического кальция: в стакане будут видны пузырьки выделяющегося водорода (черный фон!).

Прибавление в стакан нескольких капель фенолфталеина вызывает розовое окрашивание.

О п ы т 319

Взаимодействие магния с водой

Магний заметно реагирует с водой лишь при подогревании.

Подготовка. Металлический магний (в порошке). Фенолфталеин. Стакан емкостью 250—300 *мл*.

Выполнение. В стакан с водой поместить 1—2 ложки порошка магния. При комнатной температуре не наблюдается никакого взаимодействия. Поставить стакан на электрическую плитку и нагревать раствор почти до кипения. Наблюдается выделение пузырьков водорода (черный фон!). Прибавление фенолфталеина (розовая окраска раствора) указывает на щелочную реакцию раствора. При охлаждении реакция взаимодействия магния с водой прекращается.

О п ы т 320

Взаимодействие алюминия с водой

Очищенный от окисной пленки алюминий разлагает воду при комнатной температуре.

Подготовка. Алюминиевая пластинка. Растворы NaOH , $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$. Стекланный цилиндр. Три стакана емкостью 100—200 *мл*.

Выполнение. Налив в стакан раствор щелочи, нагреть его. Приготовить стакан с водой и стакан с раствором нитрата ртути. Погрузить алюминиевую пластинку в теплый раствор щелочи. Через 10—20 *сек* вынуть ее из щелочи, опустить в стакан с водой и затем в стакан с раствором нитрата ртути. Снова опустить пластинку в стакан с водой, затем протереть ее фильтровальной бумагой. Теперь опустить алюминиевую пластинку в цилиндр с водой. Очищенный от окисной пленки алюминий разлагает воду: хорошо видны пузырьки водорода (черный фон!).

О п ы т 321

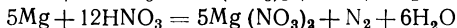
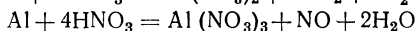
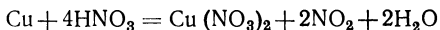
Взаимодействие металлов с соляной кислотой

Подготовка. Цинк, алюминий (гранулированные); магний, железо, медь (стружка); олово (кусочки). Соляная кислота (1 : 3). Шесть узких стеклянных цилиндров емкостью 100—200 мл.

Выполнение. Налив в цилиндры соляную кислоту, поместить в них приготовленные металлы. В случае магния, алюминия, цинка, железа наблюдается энергичное выделение водорода (пузырьки газа хорошо видны на черном фоне). Более слабо выделяется водород в цилиндре, в котором помещено олово. В случае меди выделение водорода не происходит.

О п ы т 322

Взаимодействие меди, алюминия, магния с азотной кислотой

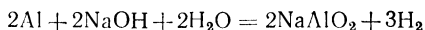


Подготовка. Алюминий (гранулированный), медь, магний (стружки). Концентрированная азотная кислота. Три колбы емкостью около 1 л.

Выполнение. В каждую из трех колб налить немного азотной кислоты (высота слоя жидкости 1,5—2 см). Затем поместить в кислоту металлы и наблюдать окраску выделяющихся газов. Колба, в которую помещена медь, постепенно наполняется бурой двуокисью азота. Интенсивность бурой окраски в колбе с алюминием очень мала. Появившаяся бурая окраска в колбе с магнием вскоре исчезает, в колбе собирается бесцветный газ.

О п ы т 323

Взаимодействие алюминия (цинка) со щелочью



Подготовка. Алюминий (стружка). Раствор щелочи (40% -ный). Большая пробирка. стакан с водой.

Выполнение. В большую пробирку влить раствор щелочи (около $1/3$ объема), бросить несколько кусочков алюминиевых стружек. До начала реакции рекомендуется осторожно нагреть содержимое пробирки в пламени спиртовки. Нагревание должно быть очень слабым и осторожным, так как реакция может пойти очень бурно и реагирующая смесь будет выплескиваться из пробирки. После нагревания сперва слабо, потом все сильнее и сильнее начинают выделяться пузырьки водорода. Скорость реакции можно регулировать, погружая пробирку в стакан с холодной водой. Спустя некоторое время поднести к горлышку пробирки горящую лучинку. Водород вспыхнет.

Примечание. Взаимодействие цинка со щелочью демонстрируется аналогично. Следует использовать небольшие кусочки цинка или лучше порошок.

ОКИСЛЫ МЕТАЛЛОВ

О п ы т 324

Окисление железа (на весах)

Подготовка. Железо (в виде пыли, опилок). Небольшой магнит. Демонстрационные весы.

Насыпать железные опилки на лист бумаги и собрать их магнитом. Затем повесить магнит с железом на весы (сняв соответствующую чашку весов) и при помощи гирь и дробы уравновесить весы. После этого установить весы на демонстрационном столе.

Выполнение. Отметить, что весы находятся в равновесии. Затем зажечь газовую горелку и несколько минут нагревать железо на магните. Отставить горелку, арретировать весы и показать, что магнит с железом стал тяжелее: железо при нагревании покрывается окалиной.

О п ы т 325

Окисление молибдена

Подготовка. Толстая молибденовая проволока. Горелка.

Выполнение. Внести молибденовую проволоку в пламя газовой горелки. После удаления проволоки из пламени хорошо виден белый дымок (черный фон!). Образуется окись молибдена, которая при высокой температуре испаряется без разложения.

Окисление алюминия

На воздухе алюминий быстро покрывается тонкой пленкой окиси, что предохраняет его от дальнейшего окисления. Если же нарушить целостность окисной пленки (например, амальгамируя алюминий), то алюминий быстро окисляется, покрываясь рыхлым слоем окиси.

Подготовка. Лист алюминия. Раствор сулемы (осторожно!). Вода. Кристаллизатор.

Чистый алюминиевый лист укрепить в лапке штатива.

Выполнение. Смочить вату в растворе сулемы и натереть им алюминиевый лист. (Соблюдать осторожность! Тщательно вымыть руки по окончании опыта!) Затем смыть избыток раствора сулемы водой и протереть лист фильтровальной бумагой. Теперь на поверхности алюминия образовался слой амальгамы. Через некоторое время видно, как поверхность алюминия и особенно края листа начинают покрываться белым пушистым слоем окиси алюминия. На краях листа образуется длинная бахрома окиси (черный фон!).

Примечание. После демонстрации опыта следует тотчас тщательно вымыть и вычистить наждачной бумагой алюминиевый лист.

О п ы т 327**Получение окиси кальция**

Подготовка. Металлический кальций. Железная ложка. Баллон с кислородом. Кварцевая трубка длиной 10—15 см.

Выполнение. Укрепить в лапке штатива железную ложку и сильно нагреть ее. Подать на нее струю кислорода. Для этого к трубке, по которой идет кислород, присоединить кварцевую трубку. Теперь в ложку поместить кусочек металлического кальция (сантиметровый кубик) и нагреть его сверху второй горелкой. Когда кальций хорошо разогреется, следует снять с него слой образовавшейся окиси (поскрести кусок кальция трубкой). Кальций горит и полностью превращается в известь.

Взаимодействие окиси кальция с водой

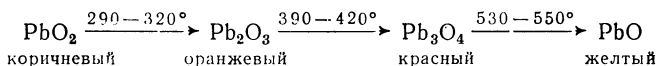
При демонстрации этого опыта удобно использовать известь, полученную в предыдущем опыте. При необходимости приготовить CaO , прокаливая в муфельной печи кусочки мрамора.

Подготовка. Окись кальция (в склянке с притертой пробкой!). Фенолфталеин. Стакан емкостью 250—300 мл. Пипетка. Керамическая пластинка. Щипцы.

Выполнение. Взяв щипцами кусочек окиси кальция, положить его на керамическую пластинку. Из пипетки спустить на CaO несколько капель воды. Раздается шипение, кусочек CaO разваливается, сильно увеличиваясь в объеме. Так как реакция сопровождается значительным выделением тепла, часть воды превращается в пар, поднимающийся над пластинкой. Если часть образовавшегося продукта перенести в стакан, капнуть несколько капель воды и затем фенолфталеина, появится розовая окраска, свидетельствующая об основных свойствах гидроокиси кальция.

О п ы т 329

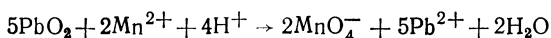
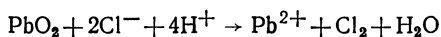
Термическая диссоциация окислов свинца



Подготовка. Асбестовый лист (20×20 см), покрытый тонким слоем двуокиси свинца. Железный треножник.

Выполнение. Покрытый двуокисью свинца асбестовый лист положить на железный треножник. Отрегулировать пламя газовой горелки так, чтобы своим острием оно касалось асбеста в центре его, и начать нагревание. Через некоторое время видно, что в центре (там, где пламя непосредственно касалось листа) образовался кружок желтого цвета — PbO , далее — кольцо красно-оранжевого цвета — Pb_3O_4 и Pb_2O_3 и, наконец, — неразложившаяся двуокись свинца, окрашенная в коричневый цвет.

Для сравнения поставить на демонстрационный стол образцы окислов свинца.

Окислительные свойства двуокиси свинца

Подготовка. Двуокись свинца (в порошке). Концентрированные соляная и азотная кислоты. Растворы сульфата марганца, иодида калия. Стекланный цилиндр емкостью 100—200 мл. Стакан емкостью 200—250 мл. Железная ложка. Стекланная палочка. Электрическая плитка.

Выполнение. 1. Насыпать в цилиндр ложку двуокиси свинца и налить несколько миллилитров концентрированной соляной кислоты. Выделяется хлор, который можно обнаружить как по желто-зеленой окраске газа, заполняющего цилиндр (белый фон), так и по выделению иода на фильтровальной бумаге, смоченной иодидом калия.

2. Налить в стакан воды (1/2 объема), прибавить 1—2 капли (не больше) раствора сульфата марганца, далее концентрированную азотную кислоту и ложечку двуокиси свинца. Реакция на холоду не идет. Стакан поставить на электрическую плитку и нагревать некоторое время, помешивая. Затем снять стакан с плитки и дать отстояться раствору. Хорошо видна розовая окраска, характерная для перманганат-иона.

ПЕРЕКИСИ МЕТАЛЛОВ**О п ы т 331****Взаимодействие перекиси натрия с водой**

Подготовка. Перекись натрия (в бюксе, залитом парафином). Вода. Стакан емкостью 50 мл. Пипетка. Железная ложка.

Выполнение. Положить в стаканчик ложку перекиси натрия. Капнуть из пипетки несколько капель воды и поднести к стаканчику тлеющую лучинку. Лучинка вспыхивает, указывая на образование кислорода.

Примечание. Если в лаборатории нет готовой перекиси натрия, ее можно приготовить, сжигая в маленьком фарфоровом тигле (под тягой) небольшие кусочки металлического натрия, предварительно очищенного от пленки окислов.

Хранить перекись натрия следует в бюксе или в склянке с притертой пробкой. Пробки необходимо залить парафином.

О п ы т 332

Взаимодействие перекиси натрия с уксусной кислотой

Подготовка. Перекись натрия. Ледяная уксусная кислота. Керамическая пластинка. Железная ложечка. Сухая пипетка.

Выполнение. Положить на керамическую пластинку горку перекиси натрия. Набрав в сухую пипетку ледяной уксусной кислоты (набирать не ртом!), капнуть ею на перекись натрия. При падении каждой капли появляется вспышка: разлагаясь с большим выделением тепла, перекись натрия поджигает органические вещества.

О п ы т 333

Взаимодействие перекиси натрия с древесными опилками

Подготовка. Перекись натрия. Древесные опилки. Железная ложечка. Пипетка. Керамическая пластинка.

Перед демонстрацией опыта следует тщательно просушить древесные опилки в сушильном шкафу, и хранить их в бюксе с хорошо притертой пробкой.

Выполнение. На керамической пластинке смешать примерно одинаковые количества перекиси натрия и древесных опилок. Сделать из смеси горку, верх ее слегка примять пальцем и капнуть 1—2 капли воды. Опилки загораются в результате взаимодействия перекиси натрия с водой, которое сопровождается большим выделением тепла.

О п ы т 334

Взаимодействие перекиси натрия с алюминием

Подготовка. Перекись натрия. Алюминий (пыль). Железные ложечки. Пипетка. Керамическая пластинка.

Выполнение. Смешав лучинкой на керамической пластинке примерно одинаковые количества перекиси натрия и алюминиевой пыли, капнуть на приготовленную смесь водой (1—2 капли). Алюминий горит.

О п ы т 335

Взаимодействие перекиси натрия с серой

Подготовка. Перекись натрия. Растертая сера. Пипетка. Железные ложечки. Керамическая пластинка.

Выполнение. Смешать на керамической пластинке перекись натрия с серой. Собрав смесь в кучку, капнуть на нее 1—2 капли воды. Через некоторое время (примерно через $1/2$ мин) происходит вспышка.

ХVI. ЭЛЕМЕНТЫ ПЕРЕХОДНЫХ РЯДОВ

Все элементы переходных рядов в стандартном состоянии типичные металлы. Эту особенность легко отметить, расположив на демонстрационном столе образцы элементов I переходного ряда и некоторых элементов II и III рядов. Соединения этих элементов, в противоположность соединениям элементов главных подгрупп, часто окрашены в различные цвета (в зависимости от степени заполнения *d*-орбиты). Для демонстрации этой важной особенности следует выставить на стол в одинаковых больших склянках и образцы их солей; например, соли Cr, Mn, Fe (железные квасцы и соль Моры), Co, Ni, Cu, Zn. Элементом переходных рядов присуще в большей степени, чем другим, явление переменной валентности. Большую склонность данные элементы имеют и к образованию комплексных соединений.

О п ы т 336

Получение гидроокисей Cr (III), Mn (III), Fe (III), Fe (III), Co (III), Ni (III), Cu (III)

Подготовка. Растворы солей перечисленных элементов. Раствор щелочи. Стаканы. Стеклянные палочки.

Раствор соли Fe (II) следует приготовить непосредственно перед демонстрацией опыта: в холодной прокипяченной воде растворить соль Моры $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Эта соль окисляется не так быстро, как другие соли Fe (II).

Выполнение. Поместить растворы солей рассматриваемых элементов в приготовленные стаканы. Затем, размешивая стеклянной палочкой, подействовать на каждый щелочью. Выпадают окрашенные в различные цвета осадки гидроокисей. Обратите внимание на то, что белые осадки гидроокисей марганца и двухвалентного железа быстро изменяют свой цвет: гидроокись марганца буреет, а гидроокись железа быстро приобретает грязно-зеленый цвет.

Получение гидроокисей Zn (II), Cd (II), Hg (II) и их особенности

Подготовка. Растворы солей Zn(II), Cd (II) и Hg (II). Раствор щелочи. Соляная кислота (1 : 3). Стаканы емкостью 200—300 мл. Стеклянные палочки.

Выполнение. Поместить в стаканы растворы солей цинка, кадмия и ртути. Затем, избегая избытка, подействовать на растворы щелочью. В первом стакане выпадает белый осадок $Zn(OH)_2$, во втором — белый осадок $Cd(OH)_2$, в третьем — желтый осадок — окись ртути HgO . Можно показать далее, что гидроокись цинка амфотерна: часть осадка перенести в другой стакан, прилить в первый щелочь, во второй — соляную кислоту. Показать также, что гидроокись кадмия не обладает амфотерными свойствами.

О п ы т 338

Окисление гидроокисей Mn (II), Fe (II), Co (II), Ni (II) кислородом воздуха, перекисью водорода, бромной водой

Подготовка. Можно использовать гидроокиси Mn (II), Fe (II), Co (II) и Ni (II), полученные в опыте 336, или приготовить их на лекции заново. Раствор перекиси водорода (3%-ный). Бромная вода.

Выполнение. Помешать стеклянной палочкой белый осадок гидроокиси марганца — он постепенно приобретает буроватый цвет, характерный для двуокиси марганца. Белый осадок $Fe(OH)_2$ быстро превращается в темно-зеленый, а при действии окислителей — в бурый осадок $Fe(OH)_3$.

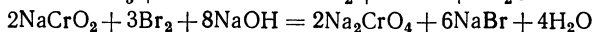
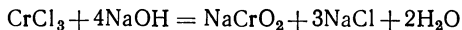
Гидроокись кобальта $Co(OH)_2$ переходит в черный осадок $Co(OH)_3$ только под действием перекиси водорода, а чтобы перевести зеленоватую гидроокись $Ni(OH)_2$ в черный осадок $Ni(OH)_3$, следует применять бромную воду. Трудность окисления ионов Co^{2+} и Ni^{2+} связана с высоким значением третьего потенциала ионизации для этих элементов.

Примечание. Окисление гидроокисей $Co(OH)_2$ и $Ni(OH)_2$ в гидроокиси $Co(OH)_3$ и $Ni(OH)_3$ можно производить и при помощи озона.

СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ ХРОМА

О п ы т 339

Окисление иона Cr^{3+} до иона CrO_4^{2-}

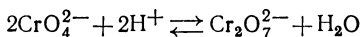


Подготовка. Растворы: соли хрома, щелочи. Бромная вода. Стакан емкостью 250—500 мл.

Выполнение. Налить в стакан раствор соли хрома, затем подействовать раствором щелочи. Щелочь следует добавлять до образования зеленого раствора хромита. Прилив бромную воду, наблюдать постепенное образование желтого раствора хромата.

О п ы т 340

Равновесие хромат — бихромат



Подготовка. Растворы солей: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, K_2CrO_4 , AgNO_3 , BaCl_2 . Щелочь. HNO_3 (1 : 4). Четыре стакана емкостью 200—300 мл.

Выполнение. Налить в два стакана раствор K_2CrO_4 , по каплям прибавлять в один из стаканов азотную кислоту до изменения окраски. Добавив в каждый стакан немного раствора азотнокислого серебра, показать, что образуется красный осадок Ag_2CrO_4 . В третий стакан снова налить K_2CrO_4 , прибавляя по каплям HNO_3 до изменения окраски, а затем щелочь до возвращения первоначальной окраски. В четвертый стакан с раствором $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ прибавить немного раствора хлорида бария: выпадает желтый осадок BaCrO_4 .

Образование осадка BaCrO_4 , как и Ag_2CrO_4 , указывает на наличие в растворе обратимой реакции, в результате которой образуется некоторое количество ионов CrO_4^{2-} .

О п ы т 341

Получение трехоксида хрома

Подготовка. Насыщенный раствор бихромата натрия. Концентрированная серная кислота. Стакан емкостью 200—250 мл. Стеклопалочка.

Выполнение. Налить в стакан немного насыщенного раствора $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и, размешивая стеклянной палочкой, осторожно прибавлять концентрированную серную кислоту. Выделяются красивые игольчатые кристаллы CrO_3 красного цвета.

Примечание. Можно пользоваться и бихроматом калия. Кристаллы CrO_3 выделяются при стоянии смеси 10%-ного раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ с концентрированной H_2SO_4 (4 : 1).

О п ы т 342

Окислительные свойства трехокси хрома

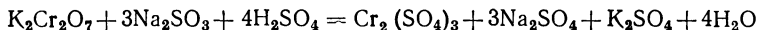
Подготовка. Кристаллы трехокси хрома (в склянке с притертой пробкой). Метиловый спирт. Сухая пипетка. Керамическая пластинка. Ложечка.

Выполнение. Положить на керамическую пластинку небольшую порцию кристаллов CrO_3 . Набрав в пипетку метилового спирта, капать его на кристаллы. При соприкосновении с хромовым ангидридом спирт загорается.

Примечание. Окислительные свойства трехокси хрома можно показать также следующим образом. Получить гель в спиртовом растворе: смешать 10 мл насыщенного раствора ацетата кальция и 90 мл этилового спирта. Положить на гель кристаллы CrO_3 . См. также опыт 233.

О п ы т 343

Восстановление иона $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ до иона Cr^{3+}



Подготовка. Разбавленный раствор бихромата калия, концентрированный свежеприготовленный раствор сульфита натрия, серная кислота (1 : 5). Стакан емкостью 250—500 мл.

Выполнение. Налить в стакан разбавленный раствор $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, слегка подкислить серной кислотой и прибавить раствор сульфита натрия. Наблюдать изменение цвета раствора: оранжевый раствор (окраска иона $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) превращается в зеленый (окраска гидратированного иона Cr^{3+}).

О п ы т 344

Восстановление иона Cr^{3+} до иона Cr^{2+}

Подготовка. Раствор хлорида хрома. Серная кислота (1 : 5). Гранулированный цинк. Большая пробирка с клапаном.

Выполнение. Налить в большую пробирку зеленый раствор соли хрома, подкислить серной кислотой и прибавить гранулированный цинк. Подождать, пока наступит обильное выделение водорода, и закрыть пробирку клапаном. Через некоторое время изменится окраска раствора в пробирке — она становится голубой, присущей иону Cr^{2+} .

Примечание. Простейший клапан легко сделать: в резиновую пробку вставить короткий отрезок стеклянной трубки. На трубку надеть кусок резиновой трубки, на которой имеется продольный разрез. Стеклянной бусинкой или кусочком палочки закрыть свободный конец резиновой трубки.

Ион Cr^{2+} можно получить при взаимодействии металлического хрома с разбавленной H_2SO_4 (также с клапаном).

О п ы т 345

Сравнение окислительных свойств хромовой и вольфрамовой кислот

Подготовка. Растворы бихромата калия, вольфрамата калия, серной кислоты (1 : 5), иодида калия. Стаканы емкостью 250—500 мл.

Выполнение. В один стакан налить раствор бихромата калия, в другой вольфрамата калия, подкислить растворы серной кислоты. После добавления иодида калия в стаканы с бихроматом наблюдается обильное выделение иода — хромовая кислота сильный окислитель. Прибавление иодида калия к раствору вольфрамата не сопровождается выделением иода — для вольфрамовой кислоты окислительные свойства не характерны.

О п ы т 346

Образование вольфрамовой сини

При слабом восстановлении трехоксида вольфрама или вольфрамовой кислоты (при действии хлорида олова, соляной кислоты) в водном растворе получают интенсивно

синие продукты переменного состава, известные под названием вольфрамовая синь.

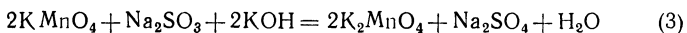
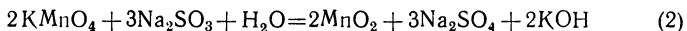
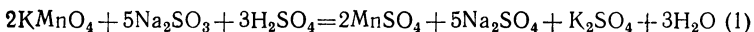
Подготовка. Растворы вольфрамата калия (или натрия), хлорида олова, соляной кислоты (1 : 3). Стаканы Стекланые палочки.

Выполнение. В два стакана налить раствор вольфрамата калия. В первый прибавить раствор хлорида олова, во второй — соляной кислоты. В обоих стаканах появляются красивые осадки вольфрамовой сини. Это чувствительная реакция на вольфраматы.

СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ МАРГАНЦА

О п ы т 347

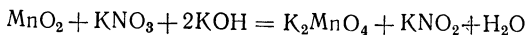
Восстановление раствора перманганата калия в кислой, нейтральной и щелочной средах



Подготовка. Растворы: перманганат калия (розовый), свежеприготовленный концентрированный раствор сульфита натрия, серная кислота (1 : 5), щелочь. Стаканы емкостью 250—300 мл. Стекланные палочки.

Выполнение. В три стакана поместить разбавленный раствор перманганата калия. В первый стакан прилить серную кислоту, в третий добавить концентрированную щелочь. Теперь прилить в каждый из стаканов раствор сульфита натрия. Розовая окраска раствора в первом стакане сменяется бесцветной: образуется в кислой среде $\text{Mn}(\text{II})$; во втором появляется бурая муть: в нейтральной среде образуется двуокись марганца; цвет раствора в третьем стакане зеленый: в щелочной среде образуется ион MnO_4^{2-} (см. таблицу окислительно-восстановительных потенциалов).

Примечание. По уравнению (3) реакция идет лишь при большой концентрации щелочи. Через некоторое время зеленая окраска раствора исчезает, появляется бурый осадок двуокиси марганца.

Получение иона MnO_4^{2-} при сплавлении

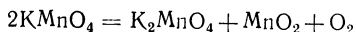
Подготовка. Смесь 2 г нитрата калия, 1 г двуокиси марганца, 2 г натриевой щелочи. Большая пробирка, держалка. Стакан емкостью 500 мл с водой.

Выполнение. Часть приготовленной смеси поместить в пробирку (приблизительно 1/4 объема). Нагревая смесь в пламени газовой горелки, расплавить ее. Затем пробирку охладить и поместить в стакан с водой. Пробирку разбить. Когда расплав начнет взаимодействовать с водой, образуется зеленый раствор. Зеленая окраска принадлежит иону MnO_4^{2-} .

При подкислении раствора зеленая окраска пропадает, так как ион MnO_4^{2-} в кислых и нейтральных растворах диспропорционирует на соединения высшей и низшей валентности.

Примечание. Получить K_2MnO_4 можно и другим образом: внести в пробирку немного бертолетовой соли и несколько кусочков KOH; смесь нагреть до плавления и бросить в пробирку несколько кристалликов сульфата марганца. После охлаждения растворить содержимое пробирки в воде. Получается зеленый раствор.

О п ы т 349

Разложение перманганата калия при нагревании

Подготовка. Кристаллы KMnO_4 . Большая пробирка и держалка к ней. Лучинки.

Выполнение. Насыпать в пробирку кристаллы перманганата калия (примерно 1/5 объема), начать нагревать в пламени спиртовки. Спустя минуту подвести к отверстию пробирки тлеющую лучинку. Лучинка вспыхивает, KMnO_4 легко разлагается с выделением кислорода.

О п ы т 350

Воспламенение глицерина при помощи перманганата калия

Подготовка. Кристаллы KMnO_4 (слегка растертые). Глицерин. Сухая пипетка. Листки фильтровальной бумаги. Керамическая пластинка. Ложечка.

Выполнение. На керамическую пластинку положить листок фильтровальной бумаги, на который насыпать ложечку кристаллов перманганата калия. Теперь капнуть на горку кристаллов несколько капель глицерина. Край листка фильтровальной бумаги плотно собрать над кристаллами и подождать несколько секунд. Вскоре виден дымок, глицерин загорается, затем фильтровальная бумага вспыхивает.

О п ы т 351

Воспламенение перманганатом калия смеси спирта и эфира

Подготовка. Мелкорастерые кристаллы перманганата калия. Этиловый спирт. Эфир. Концентрированная серная кислота. Фарфоровая чашка. Стеклянная палочка. Керамическая пластинка.

Выполнение. Поставив фарфоровую чашечку на керамическую пластинку, налить в нее этиловый спирт, прибавить немного эфира. Смочить конец стеклянной палочки концентрированной серной кислотой, затем прикоснуться ею к кристаллам KMnO_4 (чтобы несколько кристалликов прилипло к ней), и быстро поднести палочку к поверхности жидкости в чашечке. Смесь спирта и эфира воспламеняется.

О п ы т 352

Воспламенение метилового спирта

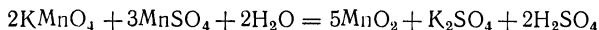
Подготовка. Метиловый спирт. Концентрированная серная кислота. Кристаллы KMnO_4 . Большая пробирка. Штатив.

Выполнение. В большую пробирку налить концентрированной серной кислоты (около 1/5 объема), осторожно прилить столько же метилового спирта и установить пробирку в штативе (или в стакане). Теперь бросить в пробирку один за другим несколько кристаллов KMnO_4 . Через некоторое время начнет раздаваться легкое потрескивание, и на границе серная кислота—метилловый спирт будут появляться вспышки.

После демонстрации штатив с пробиркой поместить в вытяжной шкаф.

О п ы т 353

Окисление иона Mn^{2+} перманганатом



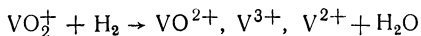
Подготовка. Растворы: перманганат калия, сульфат марганца. Стакан. Стеклянная палочка.

Выполнение. Налить в стакан раствор перманганата калия и, помешивая стеклянной палочкой, прилить немного раствора сульфата марганца. Темно-розовая окраска раствора исчезнет, появляется бурый осадок двуокиси марганца.

СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ ВАНАДИЯ

О п ы т 354

Восстановление раствора ванадата аммония



Подготовка. Раствор ванадата аммония (растворить 0,5 г NH_4VO_3 в 100 мл воды). Концентрированная серная кислота. Гранулированный цинк или амальгама цинка. Стеклянный цилиндр емкостью 100 мл. Стеклянная палочка.

Выполнение. Налить в цилиндр раствор ванадата аммония, обратить внимание на то, что он бесцветен. Затем добавить 1—2 мл концентрированной серной кислоты и размешать раствор. Он становится желтым. Эта окраска свойственна иону VO_2^+ . (Помнить, что слишком большое коли-

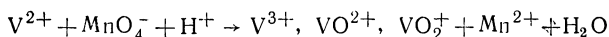
чество кислоты вызывает осаждение труднорастворимой красной пятиокиси ванадия.) Теперь добавить в цилиндр гранулированный цинк. Начинается выделение водорода.

Отметить постепенное изменение окраски, раствор становится голубым — это $V(IV)$ — ион ванадила VO^{2+} ; затем зеленым — V^{3+} и, наконец, сиреневым — V^{2+} .

Через некоторое время раствор приобретает коричневый цвет. Очевидно, происходит восстановление до металла.

О п ы т 355

Окисление иона V^{2+} до иона VO_2^+



Подготовка. Растворы: 1M раствор VSO_4 в 1M H_2SO_4 , концентрированный раствор $KMnO_4$. Бюретка, укрепленная в штативе (25—50 мл). Стакан емкостью 250—500 мл.

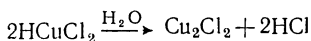
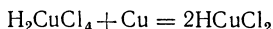
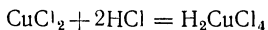
При отсутствии соли VSO_4 можно воспользоваться раствором ванадия (II), полученным в опыте 354.

Выполнение. Наполнить бюретку раствором перманганата калия. Поместить в стакан раствор VSO_4 и, приливая из бюретки раствор перманганата, наблюдать изменение окраски, связанное с постепенным окислением V^{2+} до V^{5+} . Сиреневый раствор VSO_4 становится зеленым — $V(III)$, затем голубым — ион ванадила VO^{2+} [$V(IV)$] и, наконец, желтым — ион ванадата VO_2^+ [$V(V)$].

СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ МЕДИ

О п ы т 356

Получение хлорида меди (I)



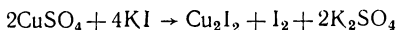
Низшая степень окисления элементов первого переходного ряда равна обычно 2. Исключение составляет медь. Имеется много устойчивых соединений меди (I).

Подготовка. Концентрированный раствор хлорида меди. Концентрированная соляная кислота. Мелкие медные стружки. Стаканы емкостью 250—500 мл. Стеклянная палочка. Большая пробирка и держалка к ней.

Выполнение. Налить в стакан раствор хлорида меди (II) (около 1/3 объема) и, помешивая стеклянной палочкой, прибавлять концентрированную соляную кислоту. Вскоре зеленовато-голубая окраска раствора уступает место темно-зеленой — образуется комплексный ион CuCl_4^{2-} . Часть полученного раствора отлить в пробирку, прибавить медные стружки и сильно прокипятить раствор. Затем вылить содержимое пробирки в стакан с водой. Комплексное соединение H_2CuCl_4 при разбавлении раствора разрушается, и выпадает белый осадок хлорида Cu (I).

О п ы т 357

Получение иодида меди (II)



Подготовка. Растворы: сульфат меди, иодид калия, тиосульфат натрия, крахмал. Стакан. Стеклянная палочка.

Выполнение. Налить в стакан раствор сульфата меди, прибавить иодид калия. Затем, прилив в стакан немного раствора крахмала, прибавлять тиосульфат натрия до исчезновения синей окраски. Избыток тиосульфата прибавлять не следует. Наблюдать выпадение в осадок иодида меди (I) белого цвета.

XVII. КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

ОБРАЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ИОНОВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Реакции замещения в водных растворах — наиболее простой способ получения комплексов. Этот способ основан на взаимодействии гидратированного иона металла с координируемым лигандом. Если металл относится к элементам переходных рядов, реакция обычно сопровождается изменением окраски раствора.

О п ы т 358

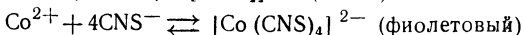
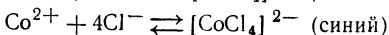
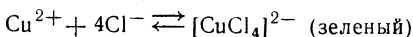
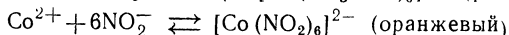
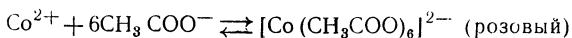
Получение комплексных ионов железа (III)

Подготовка. Раствор сульфата железа (III). Сухие соли: KCl, KBr, KCNS. Стаканы. Белый экран.

Для приготовления раствора, содержащего ион Fe^{3+} , следует взять железоаммонийные или железокалиевые квасцы. Во избежание гидролиза воду подкислить серной кислотой и затем растворить в ней несколько кристаллов квасцов. С нерастворившихся кристаллов раствор слить. Разбавленный раствор, содержащий гидратированные ионы Fe^{3+} , не имеет окраски.

Выполнение. Налить в четыре стакана приготовленный раствор. Первый оставить для сравнения. Во второй добавить сухой хлорид калия и размешать палочкой. Раствор приобретает желтую окраску. Молекулы воды во внутренней сфере замещаются ионами хлора. В третий стакан добавить кристаллы KBr. Раствор окрашивается в желто-оранжевый цвет. Образуется комплексная соль бромиды железа. Наконец, в четвертый стакан прибавить несколько кристаллов KCNS. Роданид железа — комплексная соль красного цвета.

Получение комплексных ионов меди и кобальта



На примере взаимодействия катионов этих металлов с различными лигандами можно показать образование комплексных ионов, поглощающих свет в различных частях видимой области спектра.

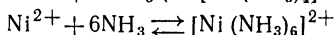
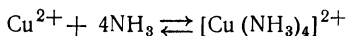
Подготовка. Растворы солей: CoCl_2 , CuCl_2 . Кристаллические соли: KCNS , NaNO_2 , NaCH_3COO . Концентрированная соляная кислота. Пять стаканов емкостью 500—600 мл.

Удобные для проведения опыта концентрации растворов подобрать заранее. При образовании комплексов должно происходить заметное изменение окраски растворов. Окраска не должна быть темной.

Выполнение. В раствор CoCl_2 внести кристаллы ацетата натрия. Появляется несколько более ярко выраженная розовая окраска. В другом стакане к раствору CoCl_2 добавить некоторое количество кристаллов NaNO_2 . После растворения их жидкость окрашивается в желто-оранжевый цвет. В третий стакан поместить раствор CuCl_2 и затем добавить концентрированной HCl . Комплексный хлорид меди окрашивает раствор в зеленый цвет. При приливании концентрированной HCl к раствору CoCl_2 в четвертом стакане получается раствор синего цвета. И, наконец, раствор фиолетового цвета можно получить при взаимодействии CoCl_2 и KCNS . При этом образуется комплексная соль роданида кобальта.

О п ы т 360

Получение комплексных аммиакатов никеля и меди



Этот опыт служит примером образования комплексов с нейтральным лигандом.

Подготовка. Растворы: NiSO_4 , CuSO_4 , аммиак. Спирт. Стаканы.

Выполнение. В два стакана налить растворы солей никеля и меди. Затем прибавить раствор аммиака, сначала немного, затем избыток. Образующиеся сперва гидроксиды металлов легко растворяются с образованием аммиакатов никеля (фиолетового цвета) и меди (синего цвета). При приливании спирта к раствору последнего можно получить кристаллический осадок $[\text{Cu} \cdot 4\text{NH}_3] \text{SO}_4$.

ОБРАЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСОВ В НЕВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Основная причина использования неводных растворителей состоит в том, что катионы металлов образуют с водой прочные связи (металл—кислород). В неводных растворителях значительно облегчается конкуренция между молекулой растворителя и координируемым лигандом.

О п ы т 361

Получение комплексного хлорида кобальта в ацетоновом растворе

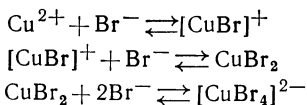
Подготовка. Концентрированный раствор CoCl_2 . Ацетон. Стакан емкостью 600—800 мл. Белый экран.

Выполнение. В стакан поместить немного концентрированного раствора хлорида кобальта. Затем постепенно приливать ацетон до получения раствора ярко-синего цвета. Происходит образование комплексной соли хлорида кобальта. Разбавление водой снова приводит к образованию розового раствора.

СТУПЕНЧАТОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСОВ

О п ы т 362

Получение комплексных бромидов меди

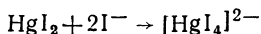
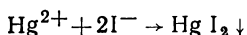


Подготовка. Растворы: CuSO_4 , HBr (конц.). Стаканы. Белый экран.

Выполнение. Раствор CuSO_4 поместить в стакан. Затем, приливая небольшими порциями концентрированный раствор NH_4OH , показать, что голубая окраска раствора сначала переходит в зеленую, затем в коричневую и, наконец, в темно-вишневую. Обратный процесс можно легко показать, постепенно приливая воду. Вишневая окраска становится сначала коричневой, затем зеленой и, наконец, голубой, т. е. в растворе снова появились аква-комплексы.

О п ы т 363

Получение комплексного иодида ртути



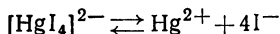
Подготовка. Растворы: HgCl_2 (или $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$) и KI .
Стаканы.

Выполнение. В стакан налить раствор соли ртути (II) и осторожно добавить немного раствора иодида калия. Появляется ярко-красный осадок. Дальнейшее прибавление иодида калия вызывает растворение осадка и образование бесцветного раствора (избегать большого избытка иодида калия).

ПРОЧНОСТЬ КООРДИНАЦИОННОЙ СФЕРЫ

О п ы т 364

Диссоциация комплексного иодида ртути в растворе



Полученный в опыте 363 раствор комплексного иодида ртути использовать для доказательства наличия в растворе как ионов Hg^{2+} , так и ионов $[\text{HgI}_4]^{2-}$. Показать, что концентрация первых в растворе очень мала.

Подготовка. Растворы $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$, KOH , AgNO_3 . Сероводородная вода. Раствор соли, содержащий ионы одновалентной меди (для приготовления последнего к раствору сульфата меди добавить немного раствора гидроксилamina

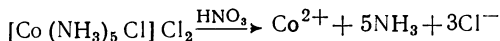
или несколько кристалликов гидросульфита натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$; раствор поместить в колбу и закрыть пробкой). Стаканы.

Выполнение. Поставить на стол несколько стаканов. В каждый налить немного раствора $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$. В первый стакан прибавить щелочь (немного!). Осадок HgO не образуется! Параллельно показать, что прибавление щелочи к раствору HgCl_2 (или $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$) вызывает образование желтого осадка HgO . И только приливание к другой части испытуемого раствора сероводородной воды приводит к образованию черного осадка сульфида ртути (произведение растворимости этой соли очень мало: $4 \cdot 10^{-58}$).

Для доказательства присутствия в растворе ионов $[\text{HgI}_4]^{2-}$ в третий стакан добавить немного раствора AgNO_3 , а в четвертый стакан — немного раствора, содержащего ионы Cu^+ . Получается ярко-желтый осадок $\text{Ag}_2[\text{HgI}_4]$ (по окраске отличный от AgI) и ярко-красный осадок $\text{Cu}_2[\text{HgI}_4]$.

О п ы т 365

Осаждение ионов хлора, образующихся при диссоциации комплекса $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$



Подготовка. Сухая соль $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$. Разбавленный раствор AgNO_3 (около 0,01M). Концентрированная HNO_3 . Стаканы емкостью 200—250 мл. Градуированная пипетка на 2—5 мл.

Для синтеза $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ 10 г карбоната кобальта растворить в малом количестве HCl (1 : 2), раствор отфильтровать и к фильтрату прибавить 125 мл концентрированного раствора аммиака и раствор, содержащий 50 г хлорида аммония в 125 мл воды. Смесь поместить в цилиндр и в течение 3—4 ч пропускать сильный ток воздуха для окисления $\text{Co}^{2+} \rightarrow \text{Co}^{3+}$. Во время окисления образуются $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ и другие аммиакаты кобальта. Для разрушения последних к смеси прибавить 125 г NH_4Cl и раствор выпарить в фарфоровой чашке на водяной бане до выпадения осадка. Затем к смеси добавить при помешивании разбавленный раствор HCl (до прекращения выделения двуокиси углерода). Да-

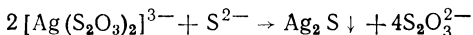
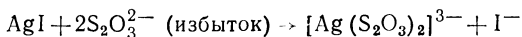
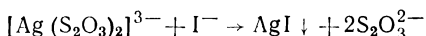
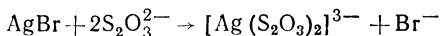
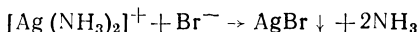
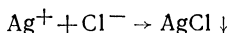
лее раствор следует нейтрализовать разбавленным раствором аммиака (доводя общий объем примерно до 200—250 мл) и нагревать на водяной бане в течение 1 ч. После этого прибавить 150 мл концентрированной HCl и продолжить нагревание еще 30—40 мин. Теперь раствор охладить. Выпавшие красные кристаллы $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ отсосать и промыть небольшим количеством воды и спиртом. Получается около 15 г соли.

Выполнение. В стакан поместить 200—250 мл воды и очень немного (на кончике перочинного ножа) комплексной соли. Полученный слабо-розовый раствор быстро разделить на две части. К одной части для разрушения комплексного иона прилить 8—10 мл концентрированной азотной кислоты. Затем одновременно добавить в оба стакана по 1 мл раствора AgNO_3 . На черном фоне хорошо заметно, что в первом стакане получилось осадка AgCl больше, чем во втором стакане.

При стоянии густота осадков становится одинаковой.

О п ы т 366

Растворение малорастворимых осадков в связи с образованием комплексных ионов



Подготовка. Растворы: AgNO_3 , KCl, KBr, KI, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Концентрированный раствор аммиака. Сероводородная вода. Колба коническая (емкостью 700—800 мл). Черный экран.

Выполнение. В колбу налить немного раствора AgNO_3 и добавить раствор хлорида калия. Выпадает белый осадок AgCl , который затем растворить при добавлении раствора аммиака. В ту же колбу прибавить немного раствора бромида калия — образуется осадок AgBr . Он растворится

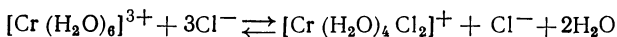
при взбалтывании колбы в очень небольшом количестве тиосульфата натрия. Теперь прилить в ту же колбу немного раствора иодида калия—появляется желтоватый осадок иодида серебра. Он растворяется при помешивании уже в значительном избытке раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Ион серебра можно осадить и из этого раствора, прилив в колбу немного сероводородной воды, получается черный осадок Ag_2S .

Примечание. Интересно сравнить произведения растворимости: AgCl ($1,7 \cdot 10^{-10}$), AgBr ($5 \cdot 10^{-13}$), AgI ($8,1 \cdot 10^{-17}$), Ag_2S ($5 \cdot 10^{-51}$) со значениями констант устойчивости комплексов серебра.

СМЕЩЕНИЕ РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ НАГРЕВАНИИ

О п ы т 367

Изменение окраски раствора солей хрома

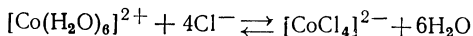


Подготовка. Раствор CrCl_3 . Два стакана емкостью 250—300 мл.

Выполнение. Налить в два стакана разбавленный фиолетовый раствор хлорида хрома. Один стакан оставить для сравнения окраски растворов. Содержимое второго стакана нагреть. После нагревания раствор становится зеленым. При охлаждении до комнатной температуры зеленый цвет раствора снова переходит в фиолетовый.

О п ы т 368

Изменение окраски раствора хлорида кобальта



Подготовка. Раствор хлорида кобальта (0,5 М). Концентрированная HCl . Большие пробирки. Стакан с горячей водой. Стакан со льдом. Белый экран.

Выполнение. В небольшой стакан налить приблизительно 50 мл раствора CoCl_2 и 35—40 мл концентрированной соляной кислоты. Окраска раствора должна из розовой превратиться в сиреневую. Теперь разлить этот раствор на две пробирки: одну поместить в стакан со льдом—раствор приобретает розовую окраску; другую опустить в стакан

с горячей (нагретой до кипения) водой. Раствор синее—идет реакция присоединения ионов хлора и образование иона $[\text{CoCl}_4]^{2-}$.

О п ы т 369

Превращение транс-изомера $[\text{CoCl}_2\text{en}_2]\text{Cl}$ в цис-изомер

Подготовка. Кристаллические *транс*- $[\text{CoCl}_2\text{en}_2]\text{Cl}$ (зеленый), *цис*- $[\text{CoCl}_2\text{en}_2]\text{Cl}$ (фиолетовый). Стаканы емкостью 100 мл. Большие пробирки.

Для приготовления *транс*- $[\text{CoCl}_2\text{en}_2]\text{Cl}$ к 16 г $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, растворенным в 50 мл воды, прибавить при перемешивании 60 г 10%-ного раствора этилендиамина. Через раствор в течение 10—12 ч пропускать воздух. Добавить 35 мл концентрированной соляной кислоты и выпаривать раствор на водяной бане до появления зеленых кристаллов, после чего оставить стоять в течение 10 ч. Получившиеся кристаллы промыть спиртом и эфиром, затем при 110°C удалить HCl . Выход составляет около 8 г кристаллов, легко растворимых в воде.

При выпаривании на водяной бане нейтрального раствора *транс*-изомера образуются фиолетовые кристаллы *цис*- $[\text{CoCl}_2\text{en}_2]\text{Cl}$. Кристаллы отфильтровать и высушить при комнатной температуре.

Выполнение. В двух стаканах растворить в воде небольшое количество кристаллов *транс*- и *цис*-формы $[\text{CoCl}_2\text{en}_2]\text{Cl}$. Получатся растворы зеленого (*транс*-форма) и фиолетового (*цис*-форма) цветов.

При комнатной температуре переход *транс*-формы в *цис*-форму происходит очень медленно и продолжается в течение нескольких часов. При повышении температуры процесс идет быстро.

Часть зеленого раствора отлить в большую пробирку и нагреть раствор в пламени горелки или спиртовки. Вскоре зеленый раствор розовеет, а затем становится сиреневым.

ИЗМЕНЕНИЕ ОКРАСКИ ТВЕРДЫХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЛЕЙ ПРИ НАГРЕВАНИИ

Здесь изменения цвета связаны или с изменениями в кристаллической структуре, или с тем, что при повышении температуры летучие лиганды удаляются, а их место в координационной сфере занимают другие.

О п ы т 370

Изменение окраски солей $\text{Ag}_2[\text{HgI}_4]$ и $\text{Cu}_2[\text{HgI}_4]$

Подготовка. Соли $\text{Ag}_2[\text{HgI}_4]$ и $\text{Cu}_2[\text{HgI}_4]$, нанесенные тонким слоем на фильтровальную бумагу. (Получение солей см. опыт 364.) Фильтры с солями высушить при комнатной температуре.

Выполнение. Осторожно нагреть фильтры с солями над спиртовкой. Желтая соль серебра становится ярко-оранжевой, а при охлаждении снова желтой. Красная соль меди становится черной и при охлаждении вновь приобретает красный цвет.

Следить за тем, чтобы при нагревании не загорелась бумага.

О п ы т 371

Изменение окраски кристаллогидратов при нагревании

Подготовка. Кристаллические соли $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (растертые в ступке). Большие пробирки.

Выполнение. Положив в пробирку голубые кристаллы соли меди или красные кристаллы соли кобальта, осторожно нагреть в пламени горелки (пробирку держать горизонтально). Происходит изменение цвета соли. В случае кобальта кристаллогидрат, теряя воду, образует комплексный хлорид кобальта синего цвета.

КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

О п ы т 372

Взаимодействие кристаллогидрата хлорида кобальта с металлическим магнием



Эта реакция показывает, что кристаллогидраты в ряде случаев можно рассматривать как аквокислоты: вода кристаллогидратов обнаруживает кислотные свойства.

Подготовка. $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Металлический магний (порошок). Круглодонная колба емкостью около 250 мл. Цилиндр для собирания газа емкостью 250 мл. Кристаллизатор с водой.

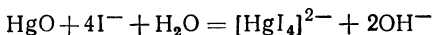
Колбу закрыть резиновой пробкой. В пробку вставить отрезок стеклянной трубки, снабженный отводной резиновой трубкой.

Выполнение. Внести в колбу небольшое количество хлорида кобальта и втрое меньшее по объему количество металлического магния. Закрыв колбу пробкой с газоотводной трубкой, сильно встряхнуть ее несколько раз и быстро укрепить в штативе. Через 30—40 сек начнется бурная реакция (осторожно!). Колба нагревается, содержимое ее синее, из трубки выходит газ: водород и водяной пар. Выделяющийся газ собрать в цилиндр над водой. Поставить цилиндр на стол и, сняв пластинку, поднести горящую лучинку. Газ горит.

ИЗМЕНЕНИЕ pH СРЕДЫ ПРИ ОБРАЗОВАНИИ КОМПЛЕКСНЫХ ИОНОВ

О п ы т 373

Взаимодействие окиси ртути с иодидом калия в водном растворе



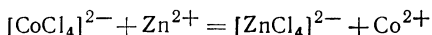
Подготовка. Растворы: KI, универсального индикатора. Окись ртути в порошке. Стаканы.

Выполнение. Поместив в стакан немного (на кончике шпателя или ложки) окиси ртути, прилить воду и несколько капель универсального индикатора. В другой стакан налить раствор KI и также прибавить индикатор. Цвет жидкостей в обоих стаканах указывает на нейтральную реакцию. Теперь слить раствор KI в стакан с окисью ртути. Зеленая окраска индикатора резко меняется на фиолетовую. Это указывает на появление в растворе избытка гидроксильных ионов.

РАЗЛИЧНАЯ СПОСОБНОСТЬ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ К КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЮ

О п ы т 374

Взаимодействие комплексного хлорида кобальта с ионами цинка



Подготовка. Концентрированный раствор CoCl_2 . Ацетон. Хлорид цинка (кристаллический). Стаканы.

Выполнение. В стакан налить немного концентрированного раствора CoCl_2 . Добавляя ацетон, получить синий раствор комплексного хлорида кобальта. Отлить часть раствора в другой стакан и прибавить немного сухого хлорида цинка. Раствор тотчас розовеет.

Примечание. Эту реакцию интересно провести в водном растворе в присутствии ионов кальция. Для опыта нужен насыщенный раствор хлорида кальция. К очень малому объему раствора CoCl_2 добавлять небольшими порциями (чтобы избежать избытка ионов хлора) насыщенный раствор CaCl_2 до образования синего раствора. Затем внести немного кристаллического хлорида цинка. Синяя окраска исчезает, и раствор снова становится розовым. Здесь хорошо видна разница в способности ионов Ca^{2+} , Co^{2+} и Zn^{2+} образовывать комплексные ионы с хлором.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ОКРАСКИ И ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В последнее время широко используется теория поля лигандов для объяснения различных свойств комплексных соединений элементов переходных рядов. Некоторые из этих свойств, например изменение окраски, связанное с величиной расщепления d -терма иона комплексообразователя, можно качественно иллюстрировать рядом опытов (многие из которых уже приводились в начале главы).

О п ы т 375

Влияние строения электронной оболочки ($3d$) на величину расщепления d -уровней центрального иона полем одного и того же лиганда

Подготовка. Кристаллические соли: MnSO_4 , FeSO_4 (лучше соль Мора), CoSO_4 , NiSO_4 , CuSO_4 , ZnSO_4 . Стаканы или бокалы емкостью около 500 мл. Белый экран.

Выполнение. Налить в большие стаканы примерно одинаковые количества воды и внести затем сухие соли Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn. В полученных растворах находятся аква-комплексы, имеющие одинаковую координацию (октаэдрическую), но различный цвет. Последнее указывает на разную величину расщепления терма, зависящую от природы центрального атома. В случае $Zn(d^{10})$ терм не расщепляется — раствор бесцветный. В случае $Mn(d^5)$ расщепление тоже мало и раствор имеет очень слабую окраску.

О п ы т 376

Влияние силы поля лигандов на величину расщепления d -уровней (для одного и того же иона — комплексообразователя в октаэдрической координации лигандов)

Подготовка. Раствор хлорида кобальта (конц.). Раствор аммиака. Концентрированные растворы $NaNO_2$ и $NaCH_3COO$. Стаканы.

Выполнение. В четыре стакана налить раствор $CoCl_2$ (белый фон!). Затем в первый стакан добавить воду, во второй — ацетат натрия, в третий — раствор аммиака, и в последний — раствор $NaNO_2$. Образующиеся комплексные ионы кобальта имеют различную окраску: розовую, ярко-розовую, буровато-розовую, оранжевую.

В первых двух случаях лиганд присоединяется через кислород, в остальных — через азот. В последнем случае поле лигандов более сильное.

О п ы т 377

Влияние координации лигандов на величину расщепления d -уровней центрального иона

В опыте 376 ион Co^{2+} образовывал комплексные ионы октаэдрической координации. Комплексы имели различные оттенки розовой окраски. С другими лигандами можно получить комплексные ионы кобальта тетраэдрической координации. В этом случае расщепление будет меньше, и растворы приобретают другую окраску.

Подготовка. Концентрированные растворы солей: CoCl_2 , NaCl (или HCl), KCNS , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Стаканы.

Выполнение. К раствору хлорида кобальта в отдельных стаканах добавить растворы солей, содержащие ионы Cl^- , CNS^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$. Получаются растворы синего и фиолетового цветов.

О п ы т 378

Влияние степени окисления центрального атома на расщепление *d*-уровней

Влияние этого фактора на окраску солей можно показать на примере комплексов Fe (II) и Fe (III) с одинаковыми лигандами.

Подготовка. В стеклянные банки с притертыми пробками поместить перекристаллизованные образцы солей: $\text{K}_4\text{Fe(CN)}_6$ и $\text{K}_3\text{Fe(CN)}_6$. Одна соль желтого цвета, другая — красного цвета. В две другие банки поместить образцы аквакомплексов: $(\text{NH}_4)_2\text{Fe(SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (зеленого цвета) и $\text{NH}_4\text{Fe(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (светло-фиолетового цвета). Приготовленные образцы поместить на демонстрационном столе.

П о л о с и н В. А. Лекционные опыты по общей химии. Госхимиздат, М.—Л., 1950.

В е р х о в с к и й В. И. Техника и методика химического эксперимента в школе, т. 1 и 2. Учпедгиз, М., 1959.

Р е й н б о л д т Г. Техника химического демонстрационного эксперимента. ОНТИ, М., 1935.

Ф о у л з Г. Лекционные опыты по химии. Учпедгиз, М., 1962.

J. Chem. Educ. 1950—1967, 27—44.

H. Rheinboldt, O. Schmitz—du Mont Chemische Unterrichtsversuche. Dresden — Leipzig, Steinkopff. 1962. 10

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Таблица 1

**Объемы реактивов и воды для приготовления растворов
приблизительно заданной нормальности**

Растворы	<i>d</i>	2н.	4н.	6н.
Соляная кислота	1,18	1 : 4	2 : 3	3 : 2
Азотная кислота	1,42	1 : 7	1 : 3	3 : 5
Серная кислота	1,84	1 : 17	1 : 8	1 : 5
Ледяная уксусная кислота	—	1 : 8	1 : 3,5	1 : 2
Аммиак	0,88	1 : 7,5	1 : 3	1 : 2

Таблица 2

**Растворимость KNO₃, PbI₂, H₃BO₃
(в граммах на 100 г воды)**

Темпера- тура, °C	KNO ₃	PbI ₂	H ₃ BO ₃	Темпера- тура, °C	KNO ₃	PbI ₂	H ₃ BO ₃
10	20,9	0,061	3,5	50	85,9	—	10,4
20	31,6	—	4,5	55	—	0,175	—
25	—	0,076	—	60	110,0	—	12,9
30	45,8	—	6,3	65	—	0,218	—
35	—	0,104	—	70	138,0	—	—
40	63,9	—	8,0	80	169,0	0,302	19,1
45	—	0,145	—	100	246,0	—	28,7

Таблица 3

**Произведение растворимости
некоторых малорастворимых солей при 25° C**

Соли	ПР	Соли	ПР
AgBr	$5,0 \cdot 10^{-13}$	CaCO ₃	$4,8 \cdot 10^{-9}$
AgCl	$1,7 \cdot 10^{-10}$	CdS	$5,0 \cdot 10^{-28}$
AgI	$8,1 \cdot 10^{-17}$	CuS	$4,0 \cdot 10^{-38}$
Ag(CH ₃ COO)	$4,4 \cdot 10^{-3}$	FeS	$4,0 \cdot 10^{-19}$
Ag ₂ S	$5,0 \cdot 10^{-51}$	MnS	$5,0 \cdot 10^{-16}$
Ag ₂ CrO ₄	$4,0 \cdot 10^{-12}$	PbI ₂	$8,0 \cdot 10^{-9}$
Ag ₂ Cr ₂ O ₇	$2,0 \cdot 10^{-7}$	PbS	$1,0 \cdot 10^{-29}$
BaSO ₄	$1,1 \cdot 10^{-10}$	Sb(OH) ₃	$4,0 \cdot 10^{-42}$
BaCrO ₄	$2,3 \cdot 10^{-10}$	ZnS	$1,3 \cdot 10^{-23}$

Таблица 4

**Константы электролитической диссоциации
некоторых кислот и оснований**

Кислота или основание	Уравнение реакции	K
Азотистая	$\text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$	$4,0 \cdot 10^{-4}$
Кремниевая	$\text{H}_2\text{SiO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSiO}_3^-$	$1,0 \cdot 10^{-10}$
Сернистая	$\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
Сероводородная	$\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$	$1,1 \cdot 10^{-7}$
Сероводородная	$\text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$	$1,0 \cdot 10^{-14}$
Угольная	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$	$4,4 \cdot 10^{-7}$
Угольная	$\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$	$4,7 \cdot 10^{-11}$
Уксусная	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Фосфорная	$\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$	$7,1 \cdot 10^{-3}$
Фосфорная	$\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$	$6,5 \cdot 10^{-8}$
Фосфорная	$\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$	$1,2 \cdot 10^{-12}$
Хлорноватистая	$\text{HClO} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}^-$	$3,2 \cdot 10^{-8}$
Гидроокись аммония	$\text{NH}_4\text{OH} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$	$1,8 \cdot 10^{-5}$

Таблица 5

Константы диссоциации некоторых комплексных ионов

Уравнение реакции	K
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3$	$9,3 \cdot 10^{-8}$
$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2\text{CN}^-$	$8,0 \cdot 10^{-22}$
$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$3,5 \cdot 10^{-14}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+} + 6\text{NH}_3$	$8,0 \cdot 10^{-6}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} \rightleftharpoons \text{Co}^{3+} + 6\text{NH}_3$	$3,0 \cdot 10^{-33}$
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 6\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-42}$
$[\text{HgI}_4]^{2-} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 4\text{I}^-$	$1,5 \cdot 10^{-30}$

Т а б л и ц а 6

Стандартные потенциалы некоторых окислительно-восстановительных систем в кислых растворах

Система	$E^0, \text{ в}$	Система	$E^0, \text{ в}$
$\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e$	-2,37	$\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- +$	0,95
$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3e$	-1,66	$+ 4\text{H}^+ + 3e$	
$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e$	-0,76	$\text{NO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_2^- +$	0,98
$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e$	-0,44	$+ 2\text{H}^+ + e$	
$\text{Sn} \rightarrow \text{Sn}^{2+} + 2e$	-0,14	$2\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2e$	1,06
$\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2e$	-0,13	$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e$	1,23
$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2e$	0,0	$2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2e$	1,36
$\text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{S} + 2e$	+0,14	$2\text{Cr}^{3+} +$	1,36
$\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+} + 2e$	0,15	$+ 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} +$	
$\text{SO}_4^{2-} +$	0,20	$+ 14\text{H}^+ + 6e$	
$+ \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ +$		$\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_4^- +$	1,52
$+ 2e$		$+ 8\text{H}^+ + 5e$	
$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e$	0,34	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PbO}_2 +$	1,74
$2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2e$	0,54	$+ 4\text{H}^+ + 2e$	
$\text{AsO}_3^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{AsO}_4^{3-} +$	0,57	$2\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2e$	2,01
$+ 2\text{H}^+ + 2e$		$\text{Bi}^{3+} + \text{Na}^+ +$	~2
$\text{MnO}_4^{2-} \rightarrow \text{MnO}_4^- + e$	0,60	$+ 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaBiO}_3 (\text{ТВ}) +$	
$\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + e$	0,77	$+ 6\text{H}^+ + 2e$	
$\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + e$	0,80	$\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_4^{2-} +$	2,2
$\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- +$	0,81	$+ 4\text{H}^+ + 2e$	
$+ 2\text{H}^+ + 2e$		$2\text{F}^- \rightarrow \text{F}_2 + e$	2,85
$\text{Hg} \rightarrow \text{Hg}^{2+} + 2e$	0,86		
$\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- +$	0,94		
$+ 3\text{H}^+ + 2e$			

Таблица 7

Концентрации употребляемых реактивов*

Раствор	Концентрация, моль/л	Раствор	Концентрация, моль/л
AgNO ₃	0,01—0,1	KOH	2
Al ₂ (SO ₄) ₃	1	KCNS	0,5
BaCl ₂	0,5—1	MnSO ₄	0,5
Ba(OH) ₂	насыщенный	Na ₂ CO ₃	1
Ca(OH) ₂	насыщенный	NaCl	1
CdSO ₄	0,5	NaNO ₂	1
CoCl ₂	1	Na ₂ S	1
CrCl ₃	0,5	Na ₂ SO ₃	0,5
CuSO ₄	0,5—1	Na ₂ S ₂ O ₃	1
CuCl ₂	0,5—1	NaOH	2
Hg(NO ₃) ₂	0,5	NiSO ₄	1
HgCl ₂	0,5	NH ₄ C ₂ H ₃ O ₂	1
KBr	0,1	Pb(NO ₃) ₂	0,5
KI	0,1	SbCl ₃	0,5
KCl	1	SnCl ₂	0,5
K ₂ CrO ₄	0,5	ZnSO ₄	1
K ₂ Cr ₂ O ₇	0,5	ZnCl ₂	1
KMnO ₄	0,1		

* В табл. 7 приведены концентрации растворов, удобные для выполнения опытов. Все случаи, когда концентрации отличаются от приведенных в табл. 7, отмечены в тексте.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

От редактора	3
Предисловие	4
Введение	6
I. Водород	11

1. Легкость водорода (на весах) (12). 2. Легкость водорода (мыльные пузыри) (12). 3. Диффузия водорода через пористый цилиндр (13). 4. Диффузия паров брома в водороде (13). 5. Теплопроводность водорода (14). 6. Растворение водорода в палладии (15). 7. Горение водорода. Зажигание водорода платиной (16). 8. Образование воды при горении водорода (16). 9. Горение водорода в кислороде (17). 10. Горение кислорода в водороде (17). 11. Взрыв смеси водорода с воздухом (18). 12. Взрыв смеси водорода с кислородом (18). 13. Взрыв смеси водорода с кислородом в мыльной пене (19). 14. Пламя гремучего газа (20). 15. Восстановление водородом раствора нитрата серебра (21). 16. Восстановление водородом раствора хлорида палладия (21). 17. Восстановительные свойства водорода в момент выделения (22). 18. Обнаружение перекиси водорода при помощи сернокислого титанила (22). 19. Перекись водорода как продукт горения водорода (23). 20. Получение перекиси водорода действием серной кислоты на перекись бария (24). 21. Разложение перекиси водорода в присутствии катализаторов двуокиси марганца (24). 22. Разложение перекиси водорода при нагревании (25). 23. Окисление иодида калия перекисью водорода (25). 24. Окисление сульфида свинца перекисью водорода (25). 25. Окисление сульфата железа (II) перекисью водорода (26). 26. Окисление формальдегида перекисью водорода (26). 27. Восстановление перманганата калия перекисью водорода (27). 28. Восстановление бихромата калия перекисью водорода (27).

II. Кислород	29
------------------------	----

29. Горение натрия в кислороде (30). 30. Горение железа в кислороде (30). 31. Горение магния в кислороде (31). 32. Горение угля в кислороде (31). 33. Горение серы в кислороде (31). 34. Горение фосфора в кислороде (31). 35. Фонтан под давлением испаряющегося жидкого воздуха (33). 36. Жидкий кислород тяжелее воды (34). 37. Конденсация двуокиси углерода при температуре жидкого воздуха (34). 38. Замораживание жидкостей при температуре жидкого воздуха (34). 39. Замораживание ртути жидким воздухом (35). 40. Свойства металлов при температуре жидкого воздуха (свинцовый колокольчик) (35). 41. Резиновая трубка, цветы, фрукты при температуре жидкого воздуха (35). 42. Изменение цвета веществ при температуре жидкого воздуха (36). 43. Взаимодействие щелочи с фенолфталеином при температуре жидкого воздуха (36). 44. Флуоресценция веществ при температуре жидкого воздуха (37). 45. Горение угля в жидком воздухе (37). 46. Горение ваты в жидком воздухе (37). 47. Горение папиросы в жидком воздухе (38). 48. Горение лучинки в ледяном стаканчике (38). 49. Окисление иодида калия (40). 50. Окисление серебра (40). 51. Окисление ртути (41). 52. Разрушение озоном резины (41). 53. Окисление индиго (41). 54. Озон растворяется в скипидаре (41). 55. Каталитическое разложение озона (42). 56. Разложение озона при нагревании (42). 57. Получение озона при взаимодействии персульфатов с азотной кислотой (40).

III. Термохимия	41
---------------------------	----

58. Термохимическое разложение бихромата аммония (44). 59. Разложение роданида ртути («фараоновы змеи») (44). 60. Разложение нитроацетанилида (45). 61. Теплота растворения некоторых веществ в воде (экзо- и эндотермические реакции) (45). 62. Теплота растворения хлористого водорода (47). 63. Горение магния в двуокиси углерода (44). 64. Горение магния в парах воды (45). 65. Разложение воды горящим магнием (46). 66. Восстановление окиси железа алюминием (алюминотермия) (49). 67. Восстановление двуокиси углерода углеродом (49).

68. Взаимодействие хлорида железа с роданидом калия (52). 69. Взаимодействие двуокиси углерода с водой (53). 70. Диссоциация двуокиси азота (53). 71. Нагревание ацетата натрия (54). 72. Взаимодействие подида калия с мышьяковой кислотой в замороженном водном растворе (54). 73. Фотохимическое восстановление тионина (55). 74. Взаимодействие хлористого тионила с кристаллогидратом хлорида кобальта (56).

75. Взаимодействие сернистой и иодноватой кислот (58). 76. Взаимодействие формалина с сульфитом и бисульфитом натрия (59). 77. Взаимодействие металлов с соляной кислотой (60). 78. Окисление железа кислородом воздуха (60). 79. Взаимодействие карбоната кальция с кислотой (61). 80. Взаимодействие тиосульфата натрия с кислотой (61). 81. Взаимодействие соли надсерной кислоты с иодидом калия (62). 82. Взаимодействие тиосульфата натрия с кислотой (63). 83. Взаимодействие персульфатов с иодидом калия (63). 84. Взаимодействие цинка с кислотой (63). 85. Окисление иодида калия азотной кислотой (64). 86. Восстановление перманганата калия водородом в момент выделения (64). 87. Окисление индиго в изатин перекисью водорода (65). 88. Взаимодействие перманганата калия с щавелевой кислотой (65). 89. Окисление глюкозы кислородом воздуха в присутствии метиленового синего (65). 90. Автокатализ. Взаимодействие хлората калия с раствором бисульфита натрия (67). 91. Каталитическое окисление аммиака на поверхности окиси хрома (67). 92. Каталитическое окисление ацетона на поверхности меди (68). 93. Каталитическое горение сахара (68). 94. Замедление скорости реакции ингибитором (взаимодействие железа с кислотой) (68). 95. Взаимодействие бромата калия с лимонной кислотой в присутствии соли церия (69). 96. Взаимодействие нитропруссиды натрия с тиомочевинной (70). 97. Взаимодействие оксалата аммония с солями ртути (70).

98. Роль диффузии в процессе растворения (71). 99. Влияние нагревания на скорость диффузии (72). 100. Диффузия брома в растворах (72). 101. Зависимость растворимости от температуры (73). 102. Пересыщенные растворы (73). 103. Взаимная растворимость эфира и воды (74). 104. Взаимная растворимость фенола и воды (75). 105. Трехслойная жидкость (76). 106. Уменьшение объема при растворении (76). 107. Увеличение объема при растворении (77). 108. Теплота гидратации соли (77). 109. Состояние вещества в растворе в зависимости от полярности растворителя (78). 110. Химическая активность коричневого и фиолетового растворов иода (79). 111. Давление пара над растворами. Закон Рауля (вариант I) (76). 112. Давление насыщенного пара над растворами. Закон Рауля (вариант II) (80). 113. Осмотическое давление водного раствора сахара (81). 114. «Силикатный сад» (82). 115. Образование золя гидроокиси железа и его коагуляция (83). 116. Получение золя золота (83). 117. Золя канифоли (84). 118. Получение геля карбоната кальция (84). 119. Получение геля ацетата кальция в спиртовом растворе (85). 120. Получение устойчивой пены (85). 121. Адсорбция красителей на каолине (86). 122. Адсорбция красителей на стекле (86). 123. Адсорбция паров борнометилового эфира на силикагеле (87). 124. Образование поверхностной пленки (88).

125. Электропроводность водных растворов сахара, соли, кислоты (89). 126. Электропроводность расплавленной соли (90). 127. Электропроводность растворов хлористого водорода в воде и в толуоле (90). 128. Зависимость электропроводности от концентрации ионов (91). 129. Электропроводность дистиллированной воды (91). 130. Значение для электролитов воды как растворителя (92). 131. Влияние замены сильной кислоты на слабую (92). 132. Влияние общего иона на растворимость соли (93). 133. Ионные реакции с образованием малорастворимых осадков (93). 134. Влияние избытка одного из ионов малорастворимой соли на равновесие в насыщенном растворе (93).

135. Смещение ионного равновесия в растворе аммиака (94).
 136. Влияние концентрации ионов H^+ и OH^- на осаждение и растворение основных и амфотерных гидроокисей (94). 137. Тепловой эффект реакции нейтрализации (95). 138. Реакция нейтрализации (95). 139. Влияние концентрации ионов водорода на окраску индикатора (96). 140. Определение pH растворов при помощи универсального индикатора (96). 141. Изменение концентрации ионов водорода при электролизе (97). 142. Изменение концентрации ионов водорода при омылении эфира (98). 143. Изменение pH раствора слабой кислоты (или слабого основания) при добавлении их соли (98). 144. Буферные растворы (99). 145. Смещение ионного равновесия в растворах вследствие гидролиза (100). 146. Влияние повышения температуры на степень гидролиза соли (100). 147. Гидролиз солей железа (III) и соли алюминия (III) при нагревании (101). 148. Влияние разбавления раствора на степень гидролиза соли (101). 149. Влияние константы диссоциации продуктов реакции на степень гидролиза (102). 150. Гидролиз солей фосфорной кислоты (102). 151. Гидролиз соли с выделением из раствора продуктов гидролиза (103). 152. Взаимодействие бромид- и иодид-ионов с некоторыми окислителями (103). 153. Окисление иодида калия перманганатом калия (с гальванометром) (104). 154. Сравнение восстановительной способности ионов (Cl^- , Br^- , I^-) при помощи гальванометра (105). 155. Окисление хлорида олова хлоридом железа (106). 156. Гальванический элемент (106).

VIII. Галогены 107

157. Стандартные состояния галогенов (104). 158. Возгонка иода (107). 159. Распределение галогенов между двумя несмешивающимися растворителями (108). 160. Горение натрия в хлоре (109). 161. Горение олова в хлоре (110). 162. Горение железа в хлоре (110). 163. Горение меди в хлоре (110). 164. Горение сурьмы в хлоре (111). 165. Горение фосфора в хлоре (111). 166. Горение свечи в хлоре (111). 167. Горение скипидара в хлоре (111). 168. Синтез хлорида алюминия (112). 169. Горение меди в броме (112). 170. Горение сурьмы в броме (113). 171. Горение алюминия в броме (113). 172. Горение фосфора в броме (113). 173. Взаимодействие иода с алюминием (114). 174. Взаимодействие иода с фосфором (114). 175. Взаимодействие иода с хлором (114). 176. Определение окислительно-восстановительного потенциала хлора (115). 177. Определение окислительно-восстановительного потенциала брома (115). 178. Взаимное вытеснение галогенов (115). 179. Окисление хлором раствора иода (116). 180. Электролиз раствора хлорида натрия (116). 181. Электролиз раствора иодида калия (117). 182. Реакции, дающие сравнительную характеристику свойства галогеноводородов (118). 183. Горение водорода в хлоре (118). 184. Синтез хлористого водорода (фотореакция) (119). 185. Растворение хлористого водорода в воде (фонтан) (120). 186. Осаждение хлорида натрия хлористым водородом (121). 187. Процесс Дикона (121). 188. Горение водорода в парах брома (123). 189. Взаимодействие бромистого водорода с хлором (123). 190. Растворение бромистого водорода в воде (124). 191. Взаимодействие иодистого водорода с хлором (124). 192. Взаимодействие иодистого водорода с дымящей азотной кислотой (125). 193. Термическая диссоциация иодистого водорода (125). 194. Травление стекла плавиковой кислотой (126). 195. Взаимодействие белильной извести с индиго (126). 196. Взаимодействие белильной извести с соляной кислотой (127). 197. Каталитическое разложение белильной извести (127). 198. Взрыв смеси хлората калия с красным фосфором (127). 199. Горение белого фосфора под водой (128). 200. Вспышка смеси хлората калия с сахаром (129). 201. Взрыв при взаимодействии хлората калия с серной кислотой (129). 202. Горение хлората калия в светильном газе (130). 203. Разложение ангидрида иодноватой кислоты (130).

IX. Сера 131

204. Получение пластической серы (131). 205. Взаимодействие серы с железом (131). 206. Взаимодействие серы с медью (132). 207. Взаимодействие серы с цинком (132). 208. Получение полухлористой серы и ее гидролиз (132). 209. Синтез сероводорода при нагревании (134). 210. Получение сероводорода при взаимодействии серы и водорода в момент выделения (134). 211. Получение сероводорода при нагре-

вании парафина с серой (135). 212. Горение сероводорода (135). 213. Воспламенение сероводорода двуокисью свинца (135). 214. Взаимодействие сероводорода с перманганатом и бихроматом калия (136). 215. Получение сульфидов (137). 216. Растворение сернистого газа в воде (138). 217. Затухание свечи (лучинки) в сернистом газе (138). 218. Горение магния в сернистом газе (138). 219. Взаимодействие сернистого газа с окислителями (139). 220. Взаимодействие сернистого газа с перекисью натрия (139). 221. Взаимодействие сернистого газа с сероводородом (140). 222. Получение серной кислоты контактным способом (140). 223. Получение серной кислоты камерным способом (141). 224. Обугливание органических веществ серной кислотой (142). 225. Взаимодействие сероводорода с серной кислотой (143). 226. Разложение надсерникислого калия (143). 227. Взаимодействие надсерникислого калия с солью марганца (II) (144).

X. Азот 145

228. Получение аммиака. Растворение NH_3 в воде (145). 229. Растворение аммиака в воде (фонтан) (145). 230. Сжижение аммиака (146). 231. Горение аммиака в кислороде (147). 232. Горение аммиака в присутствии платины (148). 233. Восстановление хромового ангидрида аммиаком (149). 234. Получение соли аммония (150). 235. Термическое разложение солей аммония (150). 236. Разложение раствора нитрита аммония (151). 237. Получение амальгамы аммония (151). 238. Получение хлористого азота электролизом раствора хлористого аммония (152). 239. Получение иодистого азота (154). 240. Получение окиси и двуокиси азота при искровом разряде в воздухе (154). 241. Получение окислов азота каталитическим окислением аммиака (155). 242. Взаимодействие окиси азота с кислородом (156). 243. Взаимодействие окиси азота с кислородом (объемометрический опыт) (157). 244. Взаимодействие окиси азота с сероуглеродом (158). 245. Горение серы и фосфора в окиси азота (159). 246. Горение серы и фосфора в двуокиси азота (159). 247. Получение закиси азота. Горение в закиси азота (160). 248. Получение и разложение ангидрида азотистой кислоты (160). 249. Окислительные свойства азотистой кислоты (161). 250. Восстановительные свойства азотистой кислоты (161). 251. Получение концентрированной азотной кислоты и ее окислительные свойства (162). 252. Воспламенение скипидара в азотной кислоте (162). 253. Восстановление азотной кислоты сероводородом (163). 254. Восстановление азотной кислоты углем (164). 255. Восстановление азотной кислоты металлами (164). 256. Восстановление разбавленной азотной кислоты до гидроксилamina (164). 257. Термическое разложение нитратов тяжелых металлов (165). 258. Термическое разложение нитратов щелочных металлов (165). 259. Горение черного пороха (166). 260. Горение нитрованной ваты (166).

XI. Фосфор 167

261. Вспышка белого и красного фосфора (167). 262. Горение бумаги, свечи (168). 263. Горение белого фосфора под водой (168). 264. «Холодное пламя» фосфора (169). 265. Свечение белого фосфора в касторовом масле (170). 266. Хемилюминесценция люминола (171). 267. Хемилюминесценция люминола в присутствии диметилсульфоксида (172). 268. Получение фосфористого водорода при взаимодействии белого фосфора со щелочью (173). 269. Получение фосфористого водорода при гидролизе фосфора кальция (174). 270. Взаимодействие фосфорного ангидрида с водой (175). 271. Вспышка нитрованной ваты при взаимодействии фосфорного ангидрида с водой (175). 272. Гидролиз трех- и пятихлористого фосфора (176). 273. Получение треххлористого фосфора (176).

XII. Сурьма. Висмут 179

274. Получение сурьмянистого водорода (опыт Марша) (179). 275. Гидролиз хлорида сурьмы (180). 276. Окислительные свойства сурьмяной кислоты (180). 277. Окислительные свойства висмутата натрия (181). 278. Получение сульфидов сурьмы и висмута (181).

XIII. Углерод 182

279. Поглощение активированным углем паров брома (182). 280. Восстановление углем окиси меди (182). 281. Взрыв метана с кислородом (179). 282. Горение метана в хлоре (183). 283. Взрыв метана

с хлором (184). 284. Получение ацетилена и его горение (184). 285 Вспышка ацетилена в хлоре (185). 286. Взаимодействие ацетилена с бромом (185). 287. Получение окиси углерода и ее горение (186). 288. Взрыв окиси углерода с кислородом (187). 289. Восстановительные свойства окиси углерода (187). 290. Плотность двуокиси углерода (188). 291. Тушение свечей двуокисью углерода (188). 292 Тушение «пожара» двуокисью углерода (189). 293. Получение снега в пламени светильного газа (189). 294. Тушение «пожара» четыреххлористым углеродом (189). 295.

XIV. Кремний 190

295. Получение кремния и кремневодородов (190). 296. Получение геля кремниевой кислоты (190). 297. Превращение золя кремниевой кислоты в гель (191). 298 Свойства кварцевого и обычного стекла (191) 299 Гидролиз стекла (192). 300. Гидролиз четыреххлористого кремния (192).

XV. Металлы 193

301. Изменение структуры металлов при нагревании (193). 302. Ферромагнитные свойства металлов (193). 303. Влияние температуры на электропроводность металла (194). 304. Влияние температуры на электропроводность полупроводника (термистор) (195). 305. Внешний фотоэффект (фотоэлемент) (195). 306. Внутренний фотоэффект (фотосопротивление) (196). 307 Термоэлектродвижущая сила (термопары) (196). 308. Сплав натрия с калием (197) 309. Сплав Вуда (198). 310 Потенциал ионизации ртути (198). 311. Окрашивание пламени солями щелочных металлов (200) 312. Окрашивание пламени солями щелочноземельных металлов (200). 313. Ряд напряжения. Вытеснение свинца цинком (200). 314. Вытеснение меди железом (201). 315. Вытеснение ртути медью (201). 316. Вытеснение серебра ртутью (202). 317. Взаимодействие Li, Na, K с водой (202). 318. Взаимодействие кальция с водой (203). 319. Взаимодействие магния с водой (204). 320. Взаимодействие алюминия с водой (204) 321. Взаимодействие металлов с соляной кислотой (205). 322 Взаимодействие меди, алюминия, магния с азотной кислотой (205) 323 Взаимодействие алюминия (цинка) со щелочью (205). 324. Окисление железа (на весах) (206). 325. Окисление молибдена (206). 326. Окисление алюминия (207). 327. Получение окиси кальция (207) 328. Взаимодействие окиси кальция с водой (208). 329. Термическая диссоциация окислов свинца (208). 330. Окислительные свойства двуокиси свинца (206) 331. Взаимодействие перекиси натрия с водой (209). 332 Взаимодействие перекиси натрия с уксусной кислотой (210). 333. Взаимодействие перекиси натрия с древесными опилками (210). 334 Взаимодействие перекиси натрия с алюминием (211) 335. Взаимодействие перекиси натрия с серой (211).

XVI. Элементы переходных рядов 212

336. Получение гидроокисей Cr (III), Mn (II), Fe (II), Fe (III), Co (II), Ni (II), Cu (II) (212). 337. Получение гидроокисей Zn (II), Cd (II), Hg (II) и их особенности (213) 338. Окисление гидроокисей Mn (II), Fe (II), Co (II), Ni (II) кислородом воздуха, перекисью водорода, бромной водой (213). 339. Окисление иона Cr^{3+} до иона CrO_4^{2-} (214) 340. Равновесие хромат-бихромат (214). 341. Получение трехокиси хрома (214). 342. Окислительные свойства трехокиси хрома (215). 343. Восстановление иона $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ до иона Cr^{3+} (215). 344. Восстановление иона Cr^{3+} до иона Cr^{2+} (216). 345. Сравнение окислительных свойств хромовой и вольфрамовой кислот (216). 346. Образование вольфрамовой сини (216). 347 Восстановление раствора перманганата калия в кислой, нейтральной и щелочной средах (217). 348 Получение иона MnO_4^{2-} при сплавлении (218). 349 Разложение перманганата калия при нагревании (218). 350 Воспламенение глицерина при помощи перманганата калия (219). 351. Воспламенение перманганатом калия смеси спирта и эфира (219). 352. Воспламенение метилового спирта (219). 353. Окисление иона Mn^{2+}

перманганатом (220). 354. Восстановление раствора ванадата аммония (220). 355. Окисление иона V^{2+} до иона VO_2^+ (221). 356. Получение хлорида меди (I) (221). 357. Получение иодида меди (I) (222).

XVII. Комплексные соединения 223

358. Получение комплексных ионов железа (III) (223). 359. Получение комплексных ионов меди и кобальта (224). 360. Получение комплексных аммиакатов никеля и меди (224). 361. Получение комплексного хлорида кобальта в ацетоновом растворе (225). 362. Получение комплексных бромидов меди (225). 363. Получение комплексного иодида ртути (226). 364. Диссоциация комплексного иодида ртути в растворе (226). 365. Осаждение ионов хлора, образующихся при диссоциации комплекса $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$ (227). 366. Растворение малорастворимых осадков в связи с образованием комплексных ионов (228). 367. Изменение окраски раствора солей хрома (229). 368. Изменение окраски раствора хлорида кобальта (229). 369. Превращение транс-изомера $[CoCl_2en_2]Cl$ в цис-изомер (230). 370. Изменение окраски солей: $Ag[HgI_4]$ и $Cu[HgI_4]$ (231). 371. Изменение окраски кристаллогидратов при нагревании (231). 372. Взаимодействие кристаллогидрата хлорида кобальта с металлическим магнием (231). 373. Взаимодействие окиси ртути с иодитом калия в водном растворе (232). 374. Взаимодействие комплексного хлорида кобальта с ионами цинка (233). 375. Влияние строения электронной оболочки ($3d$) на величину расщепления d -уровней центрального иона полем одного и того же лиганда (233). 376. Влияние силы поля лигандов на величину расщепления d -уровней (для одного и того же иона — комплексообразователя в октаэдрической координации лигандов) (234). 377. Влияние координации лигандов на величину расщепления d -уровней центрального иона (234). 378. Влияние степени окисления центрального атома на расщепление d -уровней (235).

ЧИТАЙТЕ, ВЫПИСЫВАЙТЕ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ЖУРНАЛ

„ВЕСТНИК ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ“

Единственный в Советском Союзе журнал, освещающий актуальные вопросы учебной, научной и воспитательной деятельности вузов — «Вестник высшей школы» — издается 26-й год. Журнал помещает на своих страницах интересные и разнообразные материалы, в которых обсуждаются, нередко в дискуссионной форме, проблемы улучшения подготовки молодых специалистов, перспективы развития высшего образования и вузовской науки. В журнале существуют постоянные разделы — «Учебный процесс», «На темы дня», «Наука в высшей школе», «Воспитывать активных строителей коммунизма», «Опыт и предложения», «За рубежом», «Критика и библиография» и др.

Наука и технический прогресс несут новое в лекции, в лабораторные занятия. На помощь приходят совершенные технические средства — кино, радио, телевидение.

Казалось, только вчера появился первый электронный экзаменатор Московского энергетического института. А сегодня больше 350 вузов применяют методы программированного обучения. Созданы обучающие комплексы на базе электронно-цифровых машин; появляются на библиотечных полках первые программированные учебники.

Обо всем этом из номера в номер рассказывает своим читателям ежемесячный журнал «Вестник высшей школы». На его страницах вы найдете статьи, репортажи и очерки, посвященные учебному процессу, организации научной и воспитательной работы в высшей школе. Ученые, преподаватели, партийные, комсомольские и профсоюзные работники выступают здесь со своими соображениями о путях развития высшего образования в стране, делятся опытом, спорят, размышляют, предлагают.

Специальный раздел журнала посвящен преподаванию общественных наук в высшей школе. Читатель познакомится в журнале с техническими новинками, с новыми учебными фильмами, узнает о новейших открытиях. Из раздела «Критика и библиография» он узнает о новых учебниках. Юридическая консультация журнала ответит на его вопросы. А в рубрике «За рубежом»

он совершит вместе с авторами интересное путешествие в высшие учебные заведения многих стран. Постоянные корреспонденты журнала — друзья из высшей школы братских социалистических стран.

Если вы учитесь или преподаете в вузе, если вас интересует, как учат сейчас и как будут завтра учить в высшей школе, почитайте журнал — вы наверняка найдете в нем немало полезного для себя.

Журнал выходит 12 раз в год.

Подписная цена на год — 6 руб.

В розничную продажу журнал не поступает.

В каталоге «Союзпечати» журнал значится под № 70117. Подписка принимается без ограничения в пунктах «Союзпечати», отделениях и узлах связи, почтамтах, а также общественными распространителями печати на предприятиях, в учебных заведениях и организациях.

Приложения 237

Иванова Мария Александровна

Кононова Марина Андреевна

ХИМИЧЕСКИЙ ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Редактор *Т. П. Федорова*

Переplet художника *А. И. Шавард*

Технический редактор *Н. В. Яшукова*

Художественный редактор *Т. М. Скворцова*

Корректор *С. К. Марченко*

Слано в набор 10/IX 1968 Подп. к печати 6/V 1969 г. Формат 84×108/32
Объем 7,75 печ л. 13,02 усл. п. л. Уч.-изд. л. 10,90 Изд. № ХИМ-354

Тираж 22 000 экз. Цена 70 коп. Зак. 2619

Тематический план изд-ва «Высшая школа» (вузы и техникумы)
на 1969 г. Позиция № 53

Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14,

Издательство «Высшая школа»

Московская типография № 4 Главполиграфпрома Комитета по печати
при Совете Министров СССР. Б. Переяславская, 46